

N° d'Ordre: 2.103

SÉRIE A

N° DE SÉRIE : 1.234

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

le grade de Docteur ès-sciences naturelles

PAR

JEAN TIMON-DAVID

DOCTEUR EN MÉDECINE

Licencié ès-sciences

Assistant de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille

PREMIÈRE THÈSE :

Recherches sur les matières grasses
des insectes

DEUXIÈME THÈSE :

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 19 JUIN 1930 devant la Commission d'examen

MM. CAULLERY, *Président*

JOLEAUD

GUILLIERMOND

JAVILLIER

} *Examineurs*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552831_0031

N° d'Ordre: 2.103

SÉRIE A

N° DE SÉRIE : 1.234

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

le grade de Docteur ès-sciences naturelles

PAR

JEAN TIMON-DAVID

DOCTEUR EN MÉDECINE

Licencié ès-sciences

Assistant de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille

PREMIÈRE THÈSE :

Recherches sur les matières grasses
des insectes

DEUXIÈME THÈSE :

Propositions données par la Faculté

Soutenues le

1930 devant la Commission d'examen

MM. CAULLERY, *Président*

JOLEAUD

GUILLIERMOND

JAVILLIER

} *Examineurs*

Faculté des Sciences de l'Université de Paris

MM.

Doyen C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.
Doyens honoraires .. P. APPELL, M. MOLLIARD.

Professeurs honorai-
res A. JOANNIS.
H. LE CHATELIER.
H. LEBESGUE.
A. FERNBACH.
A. LEDUC.
E. HÉROUARD.

Emile PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
G. KÖNIGS Mécanique physique et expérimentale.
E. GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
P. JANET Electrotechnique générale.
F. WALLERANT Minéralogie.
P. PAINLEVÉ Mécanique analytique et mécanique céleste.
Gabriel BERTRAND .. Chimie biologique.
M^{me} P. CURIE Physique général et radioactivité.
M. CAULLERY Zoologie (Evolution des êtres organisés).
G. URBAIN Chimie générale.
Emile BOREL Calcul des probabilités et Physique mathém.
L. MARCHIS Aviation.
Jean PERRIN Chimie physique.
Rémy PERRIER
H. ABRAHAM
M. MOLLIARD Physiologie végétale.
E. CARTAN Géométrie supérieure.
L. LAFICQUE Physiologie générale.
E. VESSIOT Théorie des fonctions et théorie des trans-
A. COTTON formations.

Professeurs J. DRACH Physique générale.
Charles FABRY Application de l'analyse à la géométrie.
Charles PÉREZ Physique.
Léon BERTRAND Zoologie.
R. LESPIEAU Géologie structurale et géologie appliquée.
E. RABAUD Théories chimiques.
P. PORTIER Biologie expérimentale.
E. BLAISE Physiologie comparée.
P.-A. DANGEARD Chimie organique.
Paul MONTEL Botanique.
P. WINTREBERT Mécanique rationnelle.
O. DUBOSCQ Anatomie et histologie comparées.
G. JULIA Biologie maritime.
A. MAILHE Mathématiques générales.
L. LUTAUD Etude des combustibles.
Eugène BLOCH Géographie physique et géologie dynamique.
Henri VILLAT Physique théorique et physique céleste.
Ch. JACOB Mécanique des fluides et applications.
P. PASCAL Géologie.
Léon BRILLOUIN Chimie minérale.
V. AUGEN Théories physiques.
Chimie appliquée.

E. PÉCHARD Chimie (Enseig^t P.C.N.).
M. GUICHARD Chimie minérale.
A. GUILLET Physique.
G. MAUGUIN Minéralogie.
L. BLARINGHEM Botanique.
A. MICHEL-LÉVY ... Pétrographie.
A. DEREIMS Géologie.
A. DENJOY Calcul différentiel et int.
H. BÉNARD Physique (P. C. N.).
E. DARMOIS Physique.
G. BRUHAT Physique.
H. MOUTON Chimie physique.
L. JOLEAUD Paléontologie.
M. JAVILLIER Chimie biologique.
A. DUFOUR Physique (P. C. N.).
F. PICARD Zoologie (Evolution des
êtres organisés).
ROBERT-LÉVY Zoologie.
L. DUNOYER Optique appliquée.
A. GUILLIERMOND ... Botanique (P. C. N.).
A. DEBIERNE Radioactivité.
M. FRÉCHET Calcul des Probabilités et
Physiques mathémati.

Secrétaire A. PACAUD



INTRODUCTION

Les progrès des sciences biologiques rendent de plus en plus illusoirs et fictives les séparations rigides qui délimitaient autrefois leurs différents champs d'investigation; de nouvelles voies se sont ouvertes aux chercheurs et ont fait éclater le cadre antique, aujourd'hui devenu trop étroit, qui divisait jadis en compartiments étanches les domaines de la Zoologie et de la Physiologie : au-dessus des divisions commodes, mais artificielles viennent se rejoindre les efforts de tous ceux qui poursuivent l'étude de la Vie dans ses infinies manifestations.

Ces considérations justifient le travail que je me suis efforcé de réaliser : à la fois Zoologique et Physiologique, il touche largement à la Biochimie; la Systématique et l'Histologie y ont une part au même titre que les techniques analytiques des corps gras; sous l'action convergente de ces diverses méthodes des problèmes nouveaux sont mis en lumière et si leur solution totale et définitive ne peut toujours être fournie, la voie à suivre pour parvenir à ce résultat apparaît du moins largement tracée.

On pourra se demander pour quelles raisons j'ai choisi comme sujet d'études les graisses des Insectes plutôt qu'une autre catégorie des substances fondamentales, Glucides ou Protides qui constituent tous les êtres vivants : c'est que les graisses occupent parmi ces substances une place à part; leur étude est singulièrement facilitée par le fait qu'il existe des méthodes d'analyse qui permettent d'exprimer rapidement les caractéristiques dominantes de ces mélanges complexes; la comparaison de ces chiffres ou indices mesurés chez des espèces très variées, à alimentation très systématisée, ou bien chez une même espèce à divers stades de son développement ne peut manquer de jeter un jour suggestif sur beaucoup de questions qui touchent à la Physiologie ou à la Biochimie comparée.

La détermination de ces indices n'est d'ailleurs qu'un travail préliminaire, préparatoire en quelque sorte, qui précède la reconnaissance exacte et le dosage des composants de ces matières grasses : acides des diverses séries, alcools et hydrocarbures.

La Biochimie des graisses proprement dites, j'entends celle des Glycérides, non celle des Phosphatides et des Stérides, est assurément moins ardue que celle des Protéides ou des Glucides, ce qui ne veut pas dire d'ailleurs qu'elle soit toujours très aisée. En regard de la complexité vraiment déconcertante des substances protéiques et en présence de la prodigieuse multiplicité de combinaisons que donnent les acides aminés, la constitution des glycérides peut paraître simple et leur étude relativement facile.

Les recherches biologiques orientées dans cette direction ont été nombreuses surtout en ce qui concerne certains groupes d'êtres vivants, au premier rang desquels il faut citer les poissons et certains mammifères marins tels que Cachalots, Dauphins, Marsouins, etc. Elles ont été beaucoup plus rares chez les invertébrés et la raison en est manifeste : un grand nombre d'huiles d'animaux marins sont des produits faciles à obtenir en abondance, utilisés par le commerce et l'industrie et par conséquent bien connus; les invertébrés et plus spécialement les insectes que j'ai en vue dans ce travail n'offrent rien de comparable : leurs petites dimensions, à peine rachetées par l'abondance avec laquelle s'observent certaines espèces n'ont permis que rarement leur utilisation industrielle : les huiles de Chrysalides de vers à soie et de criquets Algériens sont presque les seules qui aient une application pratique. (Je laisse ici entièrement de côté tout ce qui concerne les cires).

Mais si l'intérêt industriel et commercial des corps gras retirés des insectes est minime, l'importance de leur étude au point de vue de la biologie générale peut être considérable.

Deux grands problèmes devaient solliciter mon attention, le premier en quelque sorte statique et le second dynamique.

Par « *statique* » il faut entendre la teneur en graisses de l'organisme des insectes à ses périodes d'état, larves et imagos, ainsi que les caractéristiques physiques et chimiques de ces substances, leur composition, le pourcentage en acides saturés et non-saturés,

la proportion et la nature de l'insaponifiable. Ce premier travail, bien que je n'aie pu le réaliser que chez un nombre d'espèces assez minime en comparaison de l'immense foule des insectes, a demandé à lui seul de patientes recherches; les données déjà connues sur cette question se réduisaient à quelques notions fragmentaires, le plus souvent vagues et dispersées; je les ai largement utilisées en y ajoutant le résultat de mes propres investigations.

Je me suis adressé à des types très variés par leur position systématique et leur biologie; j'ai cherché tout particulièrement à étudier des individus à alimentation constante et schématique; les connaissances déjà acquises sur la physiologie des graisses dans les autres groupes d'êtres vivants montrent la part très grande qui revient à l'alimentation dans le déterminisme de la nature et des constantes des corps gras, spécialement en ce qui concerne la fraction que l'on a appelée « élément variable » et qui correspond dans l'ensemble aux graisses de réserve. Chez les insectes, le cantonnement en général très étroit de chaque espèce dans un régime alimentaire bien défini autorise à penser que dans les conditions naturelles d'existence, l'« élément variable » ne varie que fort peu et qu'il acquiert lui-même la valeur d'une constante : le ver à soie ne s'écarte guère normalement de sa feuille de mûrier; on a bien pu l'élever artificiellement sur le *Maclura*, la *Scorzonère*, la *Laitue*, la *Camomille*, mais il s'agit là d'expérimentations qui n'ont rien à voir avec les conditions physiologiques; la larve d'*Ergates faber* L. se trouve régulièrement dans les souches de Conifères et celle de *Gastrophilus intestinalis* Deg. fixée sur la muqueuse de l'estomac du cheval. Il est donc permis de penser à priori que le facteur « alimentaire » dont la variation entraîne en général des modifications dans la nature des graisses de réserve jouit chez beaucoup d'insectes d'une certaine fixité.

Le second problème que je me suis efforcé de résoudre était d'ordre *dynamique* : il s'agissait de considérer les corps gras non plus comme des entités isolées et immuables, définies par un certain nombre de constantes physiques et chimiques, mais plus spécialement dans leur origine et dans leur destinée. Quels sont les processus biochimiques qui président à l'élaboration des graisses chez les insectes ? Bien peu de travaux ont été consacrés à cette

question et ce que l'on sait a souvent été déduit des faits analogues observés chez les mammifères. Quant à la destinée de ces corps gras, elle revêt chez les insectes un aspect tout à fait spécial par suite des relations très importantes qui existent entre la lipolyse et les phénomènes de la nymphose.

L'étude dynamique des graisses comportait encore l'examen des facteurs externes et internes qui peuvent modifier leur élaboration : température, sexe, hibernation, etc. Tous ces facteurs se superposent et s'ajoutent, rendant ainsi souvent malaisée la délimitation de la part qui revient à chacun.

Il est bien évident que je suis fort loin d'avoir épuisé le sujet ainsi traité; j'espère du moins avoir réussi à situer les divers problèmes qui se posent et à fournir pour certains d'entre eux quelques éléments de solution.



Ce travail a été exécuté au laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Marseille; c'est grâce à l'appui et aux encouragements de mon Maître, M. le Professeur KOLLMANN qu'il m'a été possible de le réaliser; je le prie de recevoir l'expression de ma reconnaissance pour les excellents conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer.

Monsieur le Doyen RIVALS, qui a encouragé mes efforts, m'a donné la preuve de sa haute bienveillance.

Monsieur le Professeur CAULLERY, membre de l'Institut, m'a fait en acceptant la présidence de cette thèse un honneur dont je sens tout le prix; qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma respectueuse reconnaissance.

Je remercie aussi Monsieur le Professeur JAVILLIER qui a bien voulu manifester l'intérêt qu'il prenait à ce travail.

Je dois à Monsieur le Dr VAN GAVER, chef des travaux de Zoologie à la Faculté des Sciences, beaucoup de conseils utiles et de suggestions pleines d'intérêt.

Je n'oublie pas le bon accueil que m'a toujours réservé Monsieur MARCAILLAN, sous-directeur du laboratoire national des ma-

tières grasses et la précieuse collaboration qu'il m'a apportée. Mes remerciements vont aussi à Monsieur RAYMOND qui m'a aimablement prêté son concours.

Monsieur PADOVA, chargé d'un cours à la Faculté des Sciences, m'a fait bénéficier de sa documentation inépuisable et de ses aperçus si originaux.

Je remercie également MM. les Professeurs COTTE, BERG, REPELIN et TIAN de la sympathie qu'ils m'ont toujours témoignée.

*
**

Mes recherches ont nécessité des matériaux d'études souvent difficiles à réunir; il m'est agréable de remercier les nombreux correspondants qui ont bien voulu faciliter ma tâche en me procurant des sujets d'analyses : Monsieur le Professeur LÉCAILLON, de Toulouse, m'a envoyé à différentes reprises une grande quantité de Négrils de la luzerne (*Colaspidema atra* Ol.) ; Monsieur le D^r FEYTAUD, de Bordeaux, m'a procuré un grand nombre de Doryphoras de la pomme de terre; M. le D^r CROS, de Mascara, m'a fourni des échantillons de *Dociostaurus maroccanus* Thb. et d'*Heliotaurus menticornis* Reitt. MM. H.-L. PARKER et W.-R. THOMPSON, de l'*European parasite Laboratory*, à Hyères, m'ont envoyé plus de 20.000 chenilles de Pyrales du Maïs (*Pyrausta nubilalis* Hübn.). Le R. P. ANGLADE, de Madura, m'a procuré de nombreux insectes de l'Inde Anglaise; M. R. POUTIERS, inspecteur de la défense des végétaux, m'a donné un grand nombre d'*Hyalopterus pruni* F. et quelques individus d'*Orthacanthacris aegyptia* L.; M. MÉTCHÉ a élevé à mon intention une centaine de chenilles de *Saturnia Pernyi* Guer.; M. LE PONTOIS, de Vannes, m'a envoyé des chenilles de *Malacosoma franconica* Esp. Enfin M. HARVEY BARSLEY a eu l'amabilité de me faire parvenir du Pérou un certain nombre de larves de *Rhynchophorus palmarum* L.

*
**

Ce travail a été divisé en trois parties :

Dans la première, j'ai exposé l'histoire de la question et j'ai développé diverses considérations touchant la composition générale, l'origine et la destinée des corps gras chez les insectes; j'ai ensuite résumé les nombreux travaux qui ont été consacrés à l'étude histologique du corps adipeux.

Dans une seconde partie, j'ai indiqué en détail les techniques que j'ai mises en œuvre et j'ai passé en revue les différents groupes en mettant pour chaque espèce les caractéristiques analytiques de ses corps gras en regard des principales particularités de sa biologie.

Dans la troisième partie, je me suis efforcé de tirer les conclusions qui découlent des faits mis en lumière.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I

Historique général

Depuis l'époque déjà lointaine où CHEVREUL a magistralement jeté les bases de la science des corps gras, il faut convenir que la France s'est laissé distancer bien souvent dans cette voie par les chercheurs des autres nations; il n'est pas douteux que la plupart des travaux et des techniques publiés en cette matière aient été l'œuvre de savants étrangers parmi lesquels l'école Allemande occupe une place importante. L'Autrichien HÜBL en proposant sa méthode de mesure de l'indice d'iode nous a procuré le principe des nombreux procédés utilisés dans la suite; les noms de KOETTSTORFER, de WIJS, de HANUS, de WINDAUS, de ROSENFELD, de UBBELHODE, pour n'en citer que quelques-uns ont acquis une grande renommée. Par ailleurs, LEWKOWITSCH, HEHNER et MITCHELL, LEATHES et RAPER, FRYER et WESTON ont apporté à la chimie pure ou à la Biochimie des corps gras des contributions importantes. L'école Japonaise s'est taillé d'emblée une place de premier ordre et s'est imposée avec des noms tels que TSUJIMOTO, KUMAGAWA, SUTO, etc...

La France, après une période de désintéressement, est revenue à l'étude des corps gras : MAYER et SCHAEFFER, TERROINE et son école, MARCELET, E. ANDRÉ ont publié sur la physiologie et la biochimie de ces substances des travaux qui ont contribué à remettre leur étude à l'ordre du jour.

Les recherches sur les corps gras retirés des insectes sont bien réduites et bien dispersées; l'un des plus anciens mémoires publiés à ce sujet est celui de BARRUEL (1831) sur la graisse des pucerons du rosier. Cet auteur n'a pas vu les curieuses particularités des

beurres d'Aphidiens et a seulement souligné quelques caractères de solubilité intéressants.

L'huile de Hannetons est connue depuis déjà fort longtemps; on a considéré à l'origine sa production comme un moyen propre à encourager la lutte contre les vers blancs, mais les essais réalisés en grand n'ont pas été rémunérateurs. D'après BLANCHARD (1877) « on a extrait des hannetons une huile bonne à divers usages. » Cette huile est mentionnée dans le dictionnaire de WITTSTEIN (1851). Tout récemment, E. KOPP a fait une étude détaillée d'une huile extraite, non plus des larves, mais des imagos du hanneton; il en a déterminé les constantes physiques et chimiques que je citerai plus loin.

LASSEIGNE avait retiré, dès 1844, une « huile fixe » du ver à soie. GÜSSMANN a apporté quelque lumière sur la composition de la graisse de Cochenilles (1853) et sur celle de Cantharides (1854). La graisse de Cochenilles a été ultérieurement l'objet des études de LIEBERMANN (1885), de RAIMANN (1885) et de HUERRE (1911). Ce dernier auteur a réalisé une étude particulièrement détaillée des acides non-saturés parmi lesquels il a établi la présence des acides Oléique et Linoléique. LIEBERMANN avait montré antérieurement que la fraction saturée des acides gras est formée d'acide Myristique.

C. SCHALL a signalé, en 1893, dans l'huile de fourmis rouges l'existence d'une substance fort remarquable au point de vue chimique, mais fort énigmatique au point de vue physiologique : il s'agit d'un carbure d'hydrogène de la série saturée qu'il a caractérisé comme étant le undécane normal $\text{CH}^3 \cdot (\text{CH}_2)^9 \cdot \text{CH}^3$.

La même année, RAPHAEL DUBOIS a attiré l'attention sur une huile qu'il avait obtenue dans le Sud-Algérien aux dépens des œufs d'Acridiens (*A. peregrinum* Ol.). Malheureusement il ne donne dans sa note en dehors d'un dosage de Phosphore, aucune des constantes physiques et chimiques qui auraient pu fixer la physionomie de cette huile; il indique seulement quelques réactions colorées tout à fait dépourvues d'intérêt.

Les huiles d'Acridiens ont pris ces temps derniers une certaine importance industrielle : les matériaux d'où on les extrait peuvent être réunis en quantité considérable; le produit obtenu

a été préconisé comme huile de graissage pour les moteurs d'avions.

LEWKOWITSCH a publié, en 1906 et 1907, des analyses de l'huile de Chrysalides de vers à soie; c'est encore une huile qui intéresse l'industrie et dont l'emploi a été proposé en savonnerie; LEWKOWITSCH a montré que cette huile possède un indice d'iode assez élevé et qu'elle renferme une proportion importante de substances insaponifiables parmi lesquelles il a signalé du Cholestérol.

MENOZZI et MORESCHI (1908) ont étudié plus spécialement ce même insaponifiable; ils en ont retiré deux hydrocarbures et un Stérol qu'ils ont considéré comme différent du Cholestérol et auquel ils ont donné le nom de Bombystérol.

D'autres études ont été faites sur l'huile de Chrysalides de vers à soie; la plus remarquable est celle de TSUJIMOTO (1908). Cet auteur a obtenu des acides hexa et tétrabromés; il a établi la présence des acides Palmitique, Oléique, Linoléique et Isolino-lénique, ainsi que d'un isomère de l'acide Linoléique. D'autres analyses de la même huile ont été données plus récemment par DESVERGNES (1920).

A côté de ces recherches chimiques, il faut citer d'autres travaux plus spécialement physiologiques; ils sont assez nombreux : TICHOMIROFF (1885) a étudié les corps gras dans l'œuf du ver à soie et leurs variations au cours du développement; VANEY et CONTE (1908) ont poursuivi des études analogues; VANEY et MALIGNON (1906), BATAILLON et COUVREUR (1892), KOTAKA et SERA (1908), Mlle CHEVALLARD (1928) se sont occupés de la biochimie du ver à soie.

Parmi les Lépidoptères, on connaît encore la graisse de *Myelobia smerintha* Hübn., papillon du Brésil, objet d'une étude détaillée de H. THOMS (1913) et celle des Zygènes décrite par ROCCI, en 1916.

NORMANN a signalé (1913) une graisse particulière qu'il a extraite de petits Diptères du genre *Chironomus*.

Pendant la guerre, divers auteurs allemands ont recherché les moyens de se procurer les corps gras dont leur pays était

privé. RABOW (1915) a préconisé à cet effet le Hanneton et ENGEL (1915) les larves de diptères carnivores (*Calliphora*).

Tout récemment (1929), TSUJIMOTO a publié des travaux remarquables sur diverses huiles d'insectes nouvelles; il a ainsi décrit une huile de ver luisant, une huile de sauterelles (*Oxya japonica* Will.) et une huile de grillons (*Acheta mitrata* Burmeister.) Chez ces deux derniers insectes il a trouvé de l'acide Linoléique.

CHAPITRE II

Propriétés, Caractères et Composition des Graisses d'insectes

Les caractères organoleptiques, physiques et chimiques des corps gras retirés des insectes offrent une grande diversité; je vais m'efforcer d'en donner un aperçu synthétique.

COULEUR. — 1^o Huiles. — On sait que les glycérides purs sont incolores, mais on sait aussi que les huiles naturelles ne sont jamais constituées par des glycérides purs : indépendamment des autres éthers, alcools, hydrocarbures, phosphatides, qu'elles peuvent contenir, elles renferment presque toujours des Lipochromes. Les huiles d'insectes obtenues par extraction au moyen de dissolvants sont généralement colorées; la teinte la plus fréquente est le jaune plus ou moins intense, tournant quelquefois à l'orangé : les huiles d'*Ergates faber* L., de *Tenebrio molitor* L., de *Pyrausta nubilalis* Hübn., de *Cetonia aurata* L., de *Cossus ligniperda* F., de *Balaninus elephas* Gyll., de *Gastrophilus intestinalis* Deg., etc., vont du jaune pâle au jaune d'or.

Les huiles de Lépidoptères extraites à l'éther ont fréquemment une couleur verte plus ou moins foncée (*Thaumetopœa pityocampa* Sch., *Malacosoma franconica* Esp., etc.) Il en est de même des huiles de Chrysomélides. Cette coloration est évidemment en relation avec le régime phyllophage et avec la chlorophylle dont est bourré le tube digestif. Si l'on remplace pour l'extraction l'éther sulfurique par l'éther de Pétrole (bouillant au-dessous de 80°) on obtient généralement des huiles dépourvues de cette coloration verte et teintes en jaune-orangé.

Un certain nombre d'huiles sont rouges ou rougeâtres : l'huile de *Crematogaster scutellaris* Ol. est rouge; celle d'*Asura conferta* Walk. est rouge-orangé.

2^o Graisses. — Dans quelques cas j'ai obtenu des graisses d'un blanc pur (*Oryctes nasicornis* L.); le plus souvent, elles sont colorées : celle de chrysalides de *Pieris brassicae* L. en jaune-

orangé; celle de larves de Doryphoras en vert. De nombreuses graisses mi-solides, à consistance pâteuse, sont colorées en vert quand elles ont été extraites à l'éther sulfurique (*Saturnia Pernyi* Guer. par exemple, etc.)

Les beurres d'Aphidiens sont plus ou moins colorés suivant les espèces : *Pemphigus utricularius* Pan. et *P. cornicularius* Pass. fournissent des produits d'un blanc jaunâtre; *Aphis rumicis* F. est d'un brun noirâtre : cette teinte peut être éliminée en traitant par le noir animal la solution alcoolique bouillante.

ODEUR. — Beaucoup d'huiles d'insectes sont inodores (*Ergates faber* L., *Pyrausta nubilalis* Hübn.) ; celle de *Gastrophilus intestinalis* Deg. a une odeur rappelant celle de l'huile de pieds de bœuf ; celle de *Thaumetopœa pityocampa* Sch. est douée d'une odeur vireuse, désagréable, surtout intense quand elle a été fraîchement préparée et s'atténuant à la longue. D'autres (*Crematogaster scutellaris* Ol.) sont piquantes; l'huile de Blattes possède une odeur pénétrante et repoussante; celle de *Cossus ligniperda* F. dégage une odeur âcre comparable à celle de la créosote; l'huile de chrysalides de vers à soie préparée par LEWKOWITSCH avait une odeur rappelant celle des huiles de poissons. Dans beaucoup de cas (*Leptinotarsa decemlineata* Say., par exemple) les huiles ou les graisses d'insectes ont une odeur herbacée rappelant celle du foin. La graisse de *Pemphigus* a une odeur butyreuse assez prononcée; elle dégage, quand elle a été saponifiée et traitée par un acide, une odeur très intense d'acides gras volatils (Butyrique et ses homologues).

CONSISTANCE. — Les corps gras que j'ai retirés des insectes sont souvent liquides à la température ordinaire (Huiles d'*Ergates faber* L., *Cetonia aurata* L., *Pyrausta nubilalis* Hübn., *Cossus ligniperda* F., etc.), parfois de consistance pâteuse ou butyreuse (*Colaspidema atra* Ol.), d'autres fois véritablement concrets (*Rhynchophorus palmarum* L.). Les graisses d'Aphidiens ont des points de fusion assez élevés; elles sont dures à la température ordinaire et ont une consistance qui rappelle un peu celle de la bougie.

REFRINGENCE. — Les indices de réfraction des huiles d'insectes atteignent parfois des valeurs élevées chez les Lépidoptères (1) : *Saturnia pyri* Sch. 1,4800, *Thaumetopœa pityocampa* Sch. 1,4828, *Vanessa urticae* L. 1,4783. Dans d'autres cas ils sont plus faibles : *Ergates faber* L. 1,4686, *Pyrausta nubilalis* Hübn. 1,4710, *Ephestia figulilella* Gg. 1,4716.

INDICES D'IODE. — Cette constante fondamentale varie dans de très larges mesures depuis 1,5 (*Pemphigus*) jusqu'à 164,5 (*Saturnia pyri* Sch.) en passant par tous les intermédiaires.

INDICES DE SAPONIFICATION. — Les plus élevés s'observent chez les Aphidiens : 265,7 chez *Aphis rumicis* F. Beaucoup d'huiles d'insectes ont des indices de saponification allant de 190 à 200.

INSAPONIFIABLE. — C'est *Ergates faber* qui m'a fourni le chiffre le plus faible (0,75 p. 100). D'autres insectes sont beaucoup plus riches (8,5 p. 100 chez *Thaumetopœa pityocampa* Sch., 12,5 chez *Heliotaurus menticornis* Reitt.) (2).

CONSTITUANTS DES CORPS GRAS CHEZ LES INSECTES.

1° Acides saturés (Série $C^nH^{2n}O^2$).

L'acide *butyrique* $CH^3-(CH^2)^2-COOH$ et son homologue en C° l'acide *caproïque* existent très probablement dans les beurres d'Aphidiens; je ne les ai pas isolés, mais leur présence est rendue très vraisemblable par l'indice de REICHERT-MEISSEL élevé que fournit le beurre de *Pemphigus*.

Même remarque pour les acides *caprylique* et *caprique* dont la présence doit être déduite avec beaucoup de vraisemblance de l'indice de POLENSKE donné par le même *Pemphigus*.

L'acide *laurique* $CH^3-(CH^2)^{10}-COOH$ qui constitue une portion importante du beurre de Coco, du suif de Tangkallak, de la graisse de *Litsæa sebifera*, etc. existe aussi chez les *Pemphigus*

(1) Valeurs ramenées à 15°.

(2) Je ne donne ici qu'un résumé très bref des principaux caractères chimiques. Ces données seront largement développées dans la suite.

où j'ai pu établir sa présence en l'isolant et en le caractérisant par son point de fusion et son poids moléculaire (200). Il fond à 43°, 5.

L'acide *myristique* $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}^{12}\text{-COOH}$ existe en abondance dans la graisse de cochenilles (*Coccus cacti* L.) où il a été trouvé par LIEBERMANN (1885). On sait que parmi les végétaux il se trouve en forte proportion dans le beurre de muscade, dans la graisse de *Virola venezuelensis* et le beurre de Dika.

L'acide *palmitique* $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}^{14}\text{-COOH}$ a été signalé par TSUJIMOTO (1908) dans l'huile de chrysalides de vers à soie. C'est un acide des plus répandus dans le règne animal et qui existe certainement chez un grand nombre d'insectes.

L'acide *stéarique* $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}^{16}\text{-COOH}$ se trouve dans l'huile de *Pyrausta nubilalis* Hübn., dans la graisse de Cantharides, etc.

Les termes supérieurs de cette série n'ont pas encore été signalés dans les graisses d'insectes (je laisse entièrement de côté tout ce qui a trait aux cires). Il serait intéressant de rechercher l'acide arachidique chez les larves de Coléoptères qui se nourrissent de graines d'arachide.

2° Acides non-saturés (Série $\text{C}^n\text{H}^{2n-2}\text{O}^2$).

On a décrit un certain nombre d'acides *palmitoléiques* isomères où la fonction éthylénique occupe une place variable dans la chaîne carbonée : acides *hypogéique*, *gaïdique*, *physétoléique* et *lycopodique*. J'ai signalé la présence dans l'huile de *Pyrausta nubilalis* Hübn. d'un acide correspondant à la formule $\text{C}^{16}\text{H}^{30}\text{O}^2$ qui fournit par le permanganate alcalin un dérivé hydroxylé identique à celui obtenu par LJUBARSKY (1898) en oxydant les acides de l'huile de phoques (acide *physétoléique*).

L'acide *oléique normal* $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}^7\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}^7\text{-COOH}$ est un des constituants les plus répandus des huiles animales et végétales. Il y avait donc lieu de s'attendre à le trouver dans les huiles d'insectes; j'ai pu établir sa présence dans un certain nombre de cas, mais il est à peu près certain qu'il existe chez un très grand nombre d'espèces. HUERRE l'a trouvé (35 p. 100) dans la graisse de Cochenilles; THOMS dans celle de *Myelobia smerintha* Hübn.; TSUJIMOTO dans l'huile de chrysalides de vers à soie; je l'ai caractérisé au moyen de son dérivé dihydroxylé dans

l'huile de *Doryphoras* (*Leptinotarsa decemlineata* Say.). Il existe aussi dans l'huile de *Pyrausta nubilalis* Hübn. dans la proportion d'environ 40 p. 100. On a signalé un certain nombre d'acides isooléiques (ac. pétrosélinique). Je n'ai pu établir si les huiles d'insectes renferment de semblables composés.

Acides de la série $C^nH^{2n-4}O^2$.

L'acide linoléique

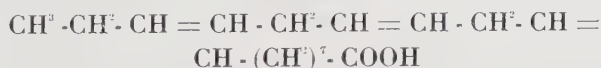


possède deux liaisons éthyléniques, l'une entre C^6 et C^7 , l'autre entre C^9 et C^{10} . Il est très remarquable de constater que cette dernière fonction occupe le même point de la molécule que la fonction unique de l'acide oléique. Sa constitution est connue depuis les travaux de BEDFORD et de GOLDSOBER (1906). Il peut être considéré comme de l'acide oléique qui posséderait une fonction éthylénique supplémentaire entre le sixième et le septième atome de carbone.

L'acide linoléique existe dans la graisse de Cochenilles où il a été découvert par HUERRE (1911); TSUJIMOTO pense qu'il est présent dans l'huile de chrysalides de vers à soie. Il existe très probablement chez de nombreuses huiles demi-siccatives de Lépidoptères.

Acides de la série $C^nH^{2n-6}O^2$.

L'acide linoléinique



renferme trois fonctions éthyléniques. Beaucoup d'auteurs pensent qu'il existe deux acides linoléiniques isomères. Ces acides sont faciles à caractériser par leur dérivé hexabromé insoluble dans l'éther, soluble dans le benzène, fondant à 178-180° et contenant 63,3 p. 100 de Brome.

On a souvent considéré l'acide linoléinique comme faisant défaut chez les animaux; il existe pourtant selon HOLDE en minime quantité dans la graisse de cheval (1,69 p. 100). Il manque chez un assez grand nombre d'huiles d'insectes : les larves xylo-

phages de Cérambycides (*Ergates faber*, etc.), celles de *Cossus*, de *Pyrausta nubilalis* Hübn., etc... n'en fournissent pas trace. En revanche, il est assez abondant chez beaucoup de Lépidoptères phyllophages dont les huiles donnent des quantités notables de dérivés hexabromés (*Saturnia Pernyi* Sch., *Pieris brassicae* L., *Thaumetopœa pityocampa* Sch., etc.). Il existe aussi chez les Coléoptères de la famille des Chrysomélides (*Colaspidema atra* Ol., *Leptinotarsa decemlineata* Say.) et chez certains Orthoptères (*Dociostaurus maroccanus* Thunb.).

3° Hydrocarbures.

Les huiles et graisses d'insectes n'ont pas encore fourni de type contenant comme les huiles de Sélaciens une proportion énorme d'hydrocarbures; toutefois la présence de quantités moins considérables de ces produits n'est pas douteuse. J'ai déjà cité le undécane trouvé par C. SCHALL en 1893 dans l'huile de fourmis rouges et les carbures signalés par MENOZZI et MORESCHI dans l'huile de chrysalides de vers à soie (Octoeicosane $C^{28}H^{56}$ fondant à $62^{\circ}5$ et autre composé fondant à $41-42^{\circ}$). J'ai constaté qu'un certain nombre d'huiles de Lépidoptères (*Thaumetopœa pityocampa* Sch.) fournissent des proportions élevées d'insaponifiable en grande partie insoluble dans l'anhydride acétique, ce qui montre la présence d'hydrocarbures.

4° Alcools à chaînes cycliques.

Le Cholestérol existe dans beaucoup d'huiles d'insectes; LEWKOWITSCH l'a signalé dans l'huile de vers à soie; il est facile à caractériser par ses réactions colorées et à doser par sa combinaison avec le digitonoside. La présence de Phytostérol affirmée par TSUJIMOTO (1908) est beaucoup plus douteuse; ce serait un produit introduit sans modification dans l'organisme chez les végétariens. MENOZZI et MORESCHI avaient signalé chez le ver à soie un Stérol nouveau; il semble bien en définitive que ce composé doive être considéré comme identique au cholestérol.

5° *Alcools acycliques.*

En dehors de la glycérine qui est un constituant fondamental des corps gras, les alcools à poids moléculaire élevé existent surtout dans les cires (dont je ne tiens pas compte dans cette étude). Ils paraissent être présents dans les huiles de Lépidoptères riches en insaponifiable.

CHAPITRE III

L'origine des Graisses chez les insectes

Si de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des processus biochimiques qui donnent naissance aux corps gras, il faut reconnaître que presque tous ont eu pour objet des animaux supérieurs du groupe des vertébrés et que les phénomènes du même ordre qui se passent chez les invertébrés — chez les insectes en particulier, puisque c'est à eux qu'est limité ce travail — ont été beaucoup moins approfondis. Il est certain que les connaissances acquises à ce sujet chez l'homme et les autres mammifères constituent une base sérieuse, un terme de comparaison important; je me propose donc de tenir largement compte de ces données dans l'exposé qui suit. Toutefois rien ne prouve a priori que les phénomènes biochimiques se déroulent de la même façon chez les insectes; ces animaux ont une biologie trop spéciale, leur alimentation, leurs diastases, leur évolution, tout les écarte profondément des mammifères et l'on ne saurait sans témérité conclure de ce qui a été observé chez le chien ou le cobaye à ce qui se passe chez un Coléoptère ou un Aphidien.

Je vais donc indiquer en regard des faits établis dans la série par de nombreux auteurs les observations personnelles qui me paraissent jeter quelque jour sur la question.

Deux procédés fondamentaux peuvent exister à l'origine des graisses d'un organisme : l'assimilation directe des lipides contenus dans la ration alimentaire et leur synthèse aux dépens des autres catégories d'aliments. Ces différents cas sont à examiner séparément.

1° UTILISATION DES GRAISSES ALIMENTAIRES. — Ce premier mécanisme, le plus simple et le plus manifeste, a été mis en évidence dans beaucoup de cas : RADZIEJEWSKI, LEBEDEFF et MUNK nourrissant des chiens avec des corps gras très spéciaux (huile de lin, suif, huile de coton) retrouvaient ces substances dans les tissus de l'animal sacrifié. CORONEDI et MARCHETTI ainsi que

WEINTERNITZ faisant ingérer de la graisse iodée ont montré qu'elle était absorbée par le tube digestif et répartie dans les divers organes.

HOEMANN faisait jeuner des chiens et les nourrissait avec de grandes quantités de graisse et très peu d'albumine; il retrouvait ensuite dans les tissus une énorme accumulation de corps gras.

PETTENKOFER et VOIT sont arrivés aux mêmes conclusions; MUNK a constaté qu'en faisant ingérer non plus des glycérides, mais des acides gras libres, ceux-ci se retrouvaient dans l'organisme neutralisés et éthérifiés par la glycérine.

Tous ces faits établissent donc de façon incontestable le rôle des glycérides alimentaires dans l'élaboration des graisses de réserve chez les animaux supérieurs. En est-il de même chez les insectes ?

Nombreuses sont les larves que j'ai appelées *larves lipophages* qui ingèrent une proportion considérable de lipides avec leur ration alimentaire; en voici quelques exemples : *Balaninus nucum* L., Curculionide consommateur de noisettes, fruit qui contient environ 60 p. 100 d'huile (JUMELLE); *Carpocapsa amplana* Hb. autre ravageur de la noisette et aussi de la noix (45 p. 100 d'huile); *Dasyneura brassicae* Winn. et *Cecidomyia ochracea* Winn. Diptères qui ravagent les graines de Crucifères (Colza en particulier); *Dacus oleae* Ross. autre Diptère spécialiste de l'olive, etc...

Dans ce groupe il faut encore ranger les très nombreux insectes tropicaux qui dévorent les graines d'arachide (1), les amandes de coprah et, d'une façon générale, tous les exploiters de fruits oléagineux.

Il est permis de penser avec beaucoup de vraisemblance que ces insectes saponifient les glycérides au moyen de leurs lipases digestives et que l'éthérification des acides gras et de la glycérine se réalise ultérieurement, peut-être, dans le corps adipeux.

J'ai constaté en tous cas, comme on le verra dans la deuxième

(1) C'est ainsi qu'à Dakar et à Rufisque les graines d'Arachide sont ravagées particulièrement par *Pachymacrus acaciae* Gill., *Silvanus mercator* Fauv., *Tribolium ferrugineum* F., *Alphitobius piceus* Ol., etc. (ROUBAUD).

partie de ce travail, que les larves lipophages sont très riches en corps gras et que par suite l'utilisation des lipides alimentaires ne saurait être mise en doute.

2° UTILISATION DES PROTIDES. — La formation des graisses aux dépens de ces substances a été très discutée et elle l'est encore. On a invoqué une foule d'arguments de valeur très inégale : la formation d'adipocire est un fait peu démonstratif ; l'autolyse n'amène aucune variation dans la teneur d'un organe en acides gras : elle se borne à mettre en évidence la fraction de ces substances qui était masquée par les protides. C'est en réalité, comme on l'a dit, une lipophanérose et non une lipogénèse.

Les recherches de BAUER sur les chiens et celles de LEO sur les grenouilles avaient laissé supposer quelque temps que dans l'empoisonnement par le phosphore, la dégénérescence graisseuse se fait aux dépens des substances protéiques. PFLÜGER a montré que cette manière de voir était inexacte ; les travaux de LEBEDEFF, ATHANASIU, SCHWALBE, ROSENFELD et SHIBATA ont établi qu'il y a seulement concentration des graisses venues de différents points de l'organisme.

Plus intéressantes au point de vue où je me place sont les recherches de HOFMANN et de WEINLAND. Le premier de ces auteurs expérimentait sur des larves de Diptères qu'il laissait se développer sur du sang après avoir dosé leur teneur en graisse et celle du milieu ; au bout de quelque temps il constatait la présence de graisses en proportion 7 à 11 fois supérieure à celle qu'il avait trouvée au début dans le sang et les larves réunis ; il concluait à une synthèse aux dépens des protides.

PLUGER a fait remarquer que l'expérience n'est pas rigoureuse parce que dans ces conditions il se développe sur le sang une quantité de moisissures qui sont dévorées par les larves et qui faussent les données du problème.

WEINLAND opérait sur des larves de *Calliphora* qu'il broyait et réduisait en purée. Il ajoutait à ce produit de la peptone de Witte et constatait une néoformation d'acides gras insolubles, sous l'influence de diastases larvaires.

PETTENKOFER et VOIT nourrissaient des chiens avec de la viande pauvre en graisse et dosaient l'azote et le carbone dans

les excreta ; ils supposaient que l'albumine se décompose dans l'organisme en deux fractions, l'une qui serait brûlée et donnerait finalement de l'urée, l'autre qui serait retenue et transformée en graisse.

PFLUGER s'est encore élevé contre cette manière de voir et il a montré que ces conclusions étaient erronées.

KUMAGAWA s'est aussi livré à des expériences au cours desquelles il alimentait des chiens avec de la viande dégraissée ; il a conclu à l'impossibilité de la formation des graisses aux dépens des protides.

Cette opinion n'a pas été adoptée par tous les auteurs ; des recherches de KAUFMANN basées sur le dosage des excreta azotés, sur les échanges respiratoires et sur la calorimétrie vont à l'encontre des conclusions de KUMAGAWA.

ATKMANN et LUSK sont arrivés au même résultat d'après l'étude des échanges respiratoires.

J. F. MAC CLENDON a étudié comparativement la teneur en graisse des œufs et des larves récemment écloses de la grande Salamandre ; il a trouvé ces dernières plus riches en graisses ; les résultats sont les mêmes pour les truites et les œufs de truites.

Que penser de tous ces faits souvent contradictoires ? Il est évident que l'accord n'est pas encore réalisé sur la question ; toutefois, par une voie indirecte, on peut dire que les Protides peuvent certainement donner naissance à des graisses : la transformation de certains acides aminés (Alanine, Lysine, etc.) en hexoses est un fait établi d'une manière certaine ; la production des glycérides aux dépens des sucres est non moins certaine ; on peut donc dire que, par cette voie détournée et en ce qui concerne seulement certains constituants des protides, la transformation en graisses est possible, mais c'est un procédé d'exception qui ne doit pas entrer en ligne de compte d'une façon intensive. Quant au passage direct des protides aux graisses, il est douteux et en tous cas il n'est pas démontré.

Beaucoup d'insectes ont une ration alimentaire où prédominent les Protides : larves de Diptères (*Lucilia*, *Sarcophaga*, *Calliphora*, etc.), Coléoptères (Carabides, Lampyrides), Pseudonévroptères (*Æschna*), etc. A ce groupe se rattachent les chenilles

phyllophages, c'est-à-dire un très grand nombre de Lépidoptères qui d'après HARING (1926) assimilent surtout les albuminoïdes contenus dans leur ration alimentaire.

Un excellent exemple de larve à alimentation exclusivement protidique est fourni par la Teigne du crin (*Tinella biselliella* Humm. = *T. crinella* Treitsche-Dup.). Cette teigne se nourrit de crins de cheval. HOLLANDE et CORDEBARD ont fait remarquer (1926) qu'elle ingère surtout de la Kératine; cette Kératine est elle-même constituée d'après ABDERHALDEN et WELLS (1905) par les acides aminés suivants :

Glycocolle	4.7 p. 100	Sérine	0.6 p. 100
Alanine	1.5 —	Tyrosine	3.2 —
Valine	0.9 —	Acide aspartique.	0.3 —
Leucine	7.1 —	Acide glutamique.	3.7 —
Proline	3.4 —		

Il n'y a pas de phénylalanine; il y aurait en outre selon BUCHTALA (1902) 7,98 p. 100 de Cystine.

HOLLANDE et CORDEBARD ont constaté par l'étude des excréta de la teigne du crin que ce microlépidoptère pousse très loin l'utilisation des acides animés alimentaires; l'eau même qui est nécessaire à la vie de la chenille et qui entre dans la composition de ses tissus dérive entièrement de celle qui est contenue dans le crin de cheval; elle en est libérée lors de la décomposition de ce crin par les diastases digestives de l'insecte.

Les recherches que j'ai poursuivies sur les larves appartenant à cette catégorie — et qui seront exposées en détail plus loin — m'ont montré que la production des graisses aux dépens des protides ne s'opère, si elle a lieu, que sur une échelle très réduite. Voici quelques pourcentages qui justifient cette opinion :

<i>Calliphora erythrocephala</i> Meig.....	3.2 p. 100
<i>Eschna</i> sp.....	1.7 —
<i>Saturnia Pernyi</i> Guer.....	1.04 —
<i>Thaumetopoea pityocampa</i> Sch.....	3.5 —
<i>Asura conferta</i> Walker.....	1.03 —
<i>Lymantria dispar</i> L.....	1.5 —
<i>Malacosoma franconica</i> Esp.....	1.9 —

Tous ces pourcentages (rapportés au poids des insectes vivants) sont faibles ou très faibles en comparaison de ceux fournis par la catégorie précédente et par celle qui suit.

3° UTILISATION DES GLUCIDES. — C'est LIEBIG qui eut le mérite de soutenir le premier la possibilité de la formation des graisses aux dépens des hydrates de carbone; cette opinion parut à l'époque invraisemblable et fut énergiquement combattue; il n'était pas discutable que l'on observait une accumulation de graisses chez les animaux soumis à un régime hydrocarboné intense, mais on cherchait à expliquer cette accumulation en disant que l'organisme brûlait de préférence les sucres ingérés et par suite épargnait ses graisses propres qui s'accumulaient sans servir.

Il a fallu de nombreuses expériences basées sur des bilans nutritifs précis et sur l'étude des échanges respiratoires pour démontrer de façon formelle la réalité de la synthèse des graisses aux dépens des glucides.

HANRIOT et RICHEL, BLEIBTREN, KAUFMANN, LAULANIÉ ont constaté que le quotient respiratoire est plus grand que l'unité dans l'alimentation avec les hydrates de carbone.

En ce qui concerne les insectes, les observations déjà anciennes de MILNE-EDWARDS avaient établi que les abeilles nourries seulement de sucre élaborent de la cire et par conséquent synthétisent des acides gras.

Un nombre considérable d'insectes sont des consommateurs actifs d'hydrates de carbone; on peut appliquer à certains d'entre eux le qualificatif d'insectes *amylophages*. On peut citer comme exemple la Calandre du riz (*Sitophilus oryzae* L.), les larves d'*Agriotes segetum* Schiff. et d'*Agriotes lineatus* L. qui ravagent les pommes de terre, les larves de *Balaninus elephas* Gyll. qui dévorent les châtaignes ou les glands.

Les insectes appartenant à ce groupe transforment d'abord les polysaccharides en sucres réducteurs au moyen de diastases appropriées. A cette catégorie se rattachent les xylophages. On trouve des mangeurs de bois dans les groupes les plus éloignés : les Coléoptères en fournissent un très grand nombre : Scolytides, Buprestides, Cérambycides, quelques Curculionides, etc.; les

Lépidoptères lignivores sont moins variés, mais quelques types parmi eux sont très répandus : *Cossus*, *Zeuzera*, *Sesia*. Les Hyménoptères térébrants (*Sirex*), les Pseudonévroptères (Termites) et même les Diptères comptent des représentants mangeurs de bois.

Ces insectes trouvent dans leur alimentation beaucoup de polyhexoses et de polypentoses ou pentosanes; les polysaccharides des sucres à 5 et à 6 atomes de carbone sont très fréquemment associés dans les tissus végétaux, mais leur présence obéit à certaines lois. C'est ainsi que, comme l'a fait remarquer CHALMOT, l'arabane se trouve généralement associée à une galactane, tandis que la xylane se trouve mélangée à des glucosanes. On attribue ces associations à des similitudes de structure stéréochimique.

La xylane ou gomme de bois abonde dans les tissus lignifiés des Angiospermes (POUMARÈDE, TOLLENS, G. BERTRAND, etc.). C'est un élément important de la ration des xylophages. D'après KOCH, le bois de peuplier contient 16 p. 100 de xylane, celui de chêne 11 p. 100, celui de buis 7,8 p. 100. Très nombreux sont les insectes qui dévorent ces bois, par exemple dans le peuplier *Eurythyrea micans* F., *Melanophila picta* F., etc. Dans le chêne *Cerambyx heros* Scop., *Lucanus cervus* L., *Phymatodes variabilis* L., etc. On peut se demander dans quelle mesure les larves utilisent les pentosanes ainsi rencontrées dans leur ration; une expérience de SEILLIÈRE (1905) répond à la question : cet auteur a montré que la larve de *Phymatodes variabilis* secrète une xylanase au moyen de laquelle elle libère le xylose. En dosant ce sucre dans le bois normal de chêne et dans les résidus digérés par le Cérambycide, SEILLIÈRE a constaté une diminution notable et par suite une utilisation de ce produit.

De quelle manière les pentoses ainsi libérés sont-ils utilisés par les insectes ? Il est très vraisemblable que c'est selon un processus analogue à celui qui est suivi par les hexoses et qui sera reproduit plus loin; mais le fait n'a pas encore été démontré.

Tous les xylophages ne trouvent pas dans leur ration une proportion aussi importante de xylane; c'est ainsi que les bois résineux en fournissent très peu (0,4 p. 100 seulement chez le

Sapin) ; chez les Gymnospermes, l'on trouve de la mannane, au lieu de xylane; c'est une importante différence entre Angiospermes et Gymnospermes. Cette particularité peut être rapprochée du fait que les insectes lignivores qui habitent les bois résineux ne peuvent se nourrir des autres bois et réciproquement. Les larves d'*Ergates faber* L., *Chalcophora mariana* Lap., *Rhagium inquisitor* L., *Anthaxia parallela* Lap. et Gor. ingèrent donc très peu de xylane.

Les galactanes très répandues chez les végétaux et particulièrement dans les graines de légumineuses sont mangées par de nombreuses larves de Curculionides. C'est ainsi que l' α galactane abonde dans les graines de luzerne, de trèfle, de mélilot, de genêt, de robinier; le test de la graine de luzerne en renferme 42 p. 100. Il est très vraisemblable que le galactose qui en provient doit être utilisé comme le glucose. On peut en dire autant du fructose dérivé de l'inuline, produit si fréquent chez les composées (Hélianthénine, Synanthérine, etc.)

La question de l'utilisation de la cellulose par les larves d'insectes a donné lieu à un certain nombre de recherches; son existence a été établie chez les microlépidoptères du genre *Cemiostoma*. Il semble bien que les chenilles de *Cossus* digèrent aussi la Cellulose avec l'aide de microorganismes symbiotiques.

Mes recherches ont mis en évidence un fait très général : c'est que les insectes qui mangent une proportion importante de polysaccharides sont très riches en corps gras; la teneur atteint parfois des chiffres élevés; en voici quelques exemples :

<i>Cossus ligniperda</i> F.....	27.5	p. 100 du poids frais
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.....	26.5	—
<i>Rhyncophorus palmarum</i> L.....	22.3	—
<i>Balaninus elephas</i> Gyll.....	28	—
<i>Ergates faber</i> L.....	13	—
<i>Acanthoscelides obtectus</i> Say.....	23.6	—

Il est évident que les corps gras qui existent chez ces insectes ont pour origine leur production synthétique aux dépens des sucres.

MECANISME DE LA SYNTHÈSE DES GRAISSES. — Les diverses étapes de la synthèse des acides gras sont demeurées

longtemps mystérieuses et il faut reconnaître que maintenant encore, malgré des acquisitions importantes, ce processus n'est pas encore mis en pleine lumière.

Les acides que l'on trouve dans les substances grasses naturelles ont presque toujours une chaîne contenant un nombre pair d'atomes de carbone; c'est là une remarque très ancienne dont les conséquences ont été bien mises en évidence par J. B. LEATHES et H. S. RAPER dans leur suggestive monographie (1925). De ce fait on peut conclure que le processus qui leur donne naissance consiste en une édification à l'aide d'un produit contenant lui-même deux atomes de carbone. EMILE FISCHER avait pensé que trois chaînes d'hexoses pouvaient se souder bout à bout par aldolisation pour donner naissance à une chaîne à 18 atomes de carbone. Il est vrai qu'on ne peut s'empêcher d'être frappé de la fréquence avec laquelle s'observent les acides gras à 18 atomes de carbone; mais ceux à 16 atomes de carbone (ac. palmitique, hypogéique, physétoléique, etc.) sont presque aussi communs. Il existe même un certain nombre de graisses comme celle de cheval chez lesquelles l'acide stéarique fait entièrement défaut et est remplacé par l'acide palmitique. Dans l'huile de chrysalides de vers à soie, TSUJIMOTO n'a trouvé que de l'acide palmitique et pas d'acide stéarique. Enfin il existe des corps gras tels que le beurre de vache et aussi les beurres d'Aphidiens que j'ai étudiés, chez lesquels les acides pairs à chaîne courte de 4, 6, 8, 10 atomes de carbone constituent une proportion importante des acides totaux.

Les acides impairs sont beaucoup plus rares; ils existent toutefois: l'exemple le plus classique est fourni par les huiles de Dauphins qui ont livré à CHEVREUL son acide phocénique identique à l'acide isovalérianique; ce n'est d'ailleurs pas un acide à chaîne linéaire, mais un acide à chaîne ramifiée

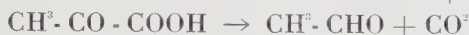


Ici, la seule origine que l'on puisse entrevoir pour cet acide en C^o est une descendance directe de l'acide aminé correspondant. L'origine de l'acide daturique et celle de l'acide dorosmique en C^{iv} de MARCELET sont beaucoup plus difficiles à expliquer.

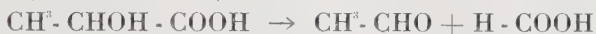
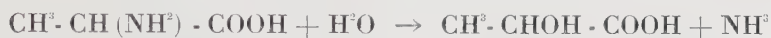
Le composé à deux atomes de carbone auquel il a été fait al-

lusion plus haut et dont le rôle peut être considéré comme très probable dans la synthèse des chaînes carbonées paires est l'acé-

taldéhyde $\text{CH}^3\text{-C}\begin{smallmatrix} \text{H} \\ \text{O} \end{smallmatrix}$. Ce composé peut facilement prendre naissance dans l'organisme aux dépens des produits de dégradation des glucides et des protides; l'acide lactique et l'acide pyruvique qui sont des produits normaux de désintégration des hexoses peuvent facilement le produire selon les deux équations :



La carboxylase de NEUBERG opérerait la seconde réaction. D'autre part, l'alanine, acide aminé très répandu chez beaucoup de substances protidiques peut elle aussi donner facilement de l'acétaldéhyde après désamination :



HOPPE-SEYLER a montré que l'acide lactique chauffé avec un alcali vers 220° donne naissance à une série d'acides gras depuis les acides butyrique et caproïque jusqu'aux acides à chaîne longue.

NENCKI, MAGNUS-LEVY et LEATHES pensent que l'acétaldéhyde donne facilement des acides gras par aldolisation. C'est ainsi que deux molécules d'acétaldéhyde donneraient de l'acide butyrique



Un autre procédé de synthèse est encore possible aux dépens de l'acétaldéhyde: c'est la crotonisation qui donne naissance à des chaînes carbonées munies de fonctions éthyléniques. C'est ainsi que la synthèse de l'acide butyrique pourrait être réalisée de la façon suivante :



Ce composé pourrait être réduit; l'hydrogène nécessaire à cette opération serait fourni par l'acide formique produit dans la décomposition de l'acide lactique.

Des expériences diverses de FRIEDMANN, de BECHAMP, de RA-

PER. de NEUBERG et ARMSTEIN tendent à montrer que chez les vertébrés le foie serait capable d'opérer une condensation de l'acétaldéhyde: en ce qui concerne les insectes, il est vraisemblable qu'une synthèse analogue s'opère dans le corps adipeux qui remplit en partie le rôle du foie des vertébrés.

Si l'on adopte la manière de voir qui vient d'être exposée, on est amené à conclure que les acides gras à chaîne courte peuvent constituer une étape dans l'édification des molécules à chaîne carbonée plus longue: de même, les acides non-saturés précéderaient normalement les acides saturés dans leur formation. C'est d'ailleurs l'opinion développée par LEATHES et RAPER: les acides gras passeraient tous par un stade où ils seraient riches en liaisons éthyléniques et c'est ultérieurement que quelques-uns d'entre eux seraient réduits en acides saturés. Parmi les facteurs susceptibles de déterminer cette transformation on a invoqué la température (voir la 3^e partie de ce travail).

Il semble bien en tous cas que si les processus synthétiques qui donnent naissance aux acides gras ne sont pas pleinement élucidés, on puisse se faire une idée approximative de la marche d'ensemble des phénomènes.

CHAPITRE IV

La destinée et l'utilisation des Graisses chez les insectes

Il est une observation très générale qu'impose l'étude de la Physiologie comparée : c'est que l'organisme sait tirer d'un produit ou d'une fonction le maximum de rendement en évitant avec soin tout gaspillage. On constate très souvent qu'un double ou triple rôle est assuré par une seule et même fonction, tel le cas de la sudation, par exemple, qui est à la fois un moyen de réfrigération physique et un procédé destiné à éliminer les toxines : les faits de ce genre sont très nombreux.

En présence des quantités considérables de corps gras accumulées chez les insectes, il convient de se demander quel est le rôle de ces énormes réserves : un pourcentage dépassant parfois le quart du poids total de l'individu ne saurait assurément être l'indice d'une fonction d'importance négligeable.

Il est commode de schématiser le rôle des graisses en deux catégories de faits : rôle physique et rôle chimique.

ROLE PHYSIQUE. — La localisation sous-cutanée si fréquente chez les Mammifères et particulièrement chez les Cétacés constitue un dispositif isolant dont le rôle bien connu est de diminuer les déperditions calorifiques par rayonnement. Une semblable fonction ne saurait évidemment entrer en ligne de compte chez des poïkilothermes tels que les insectes; toutefois, la graisse périphérique pourrait bien jouer un rôle amortisseur : on sait par de nombreuses recherches que la température somatique des insectes est fonction de celle du milieu qu'elle suit de très près; elle lui est généralement supérieure de quelques dixièmes de degrés. On sait d'autre part que ce sont les brusques variations de température qui sont particulièrement funestes aux larves; elles résistent en général parfaitement au froid à condition que le réchauffement soit très lent. N'est-il pas logique de penser que la graisse périphérique jouant un rôle modérateur

amortît quelque peu les variations thermiques trop brutales et permet à l'insecte d'équilibrer sans à-coup son milieu intérieur avec la température ambiante ? Ce serait là une explication plausible de la localisation sous-tégumentaire si fréquente chez beaucoup de larves d'insectes.

ROLE CHIMIQUE. — Ici les faits sont plus complexes et doivent être classés. Il convient tout d'abord d'examiner séparément le rôle et la destinée des graisses chez la larve et chez l'imago. Une remarque générale s'impose à ce sujet : c'est que les larves sont le plus souvent beaucoup plus riches en corps gras que les imagos ; ce n'est cependant pas un fait général ; j'ai observé des cas où la proportion est renversée : chez le *Doryphora* de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) la larve contient 3 p. 100 de graisse et l'imago 13,48 p. 100. La larve de fourmi *Camponotus vagus* Scop. renferme 2,45 p. 100 d'huile et l'imago de la fourmi *Crematogaster scutellaris* Ol. 10,4 p. 100.

Chez la larve (1) on peut attribuer aux graisses un double rôle :

1° un rôle banal de réserve alimentaire tel qu'en possèdent les graisses de vertébrés ; la graisse peut dans certains cas être utilisée en période d'inanition et être brûlée par la machine animale. Ce rôle a été bien mis en évidence par les expériences de M. KOLLMANN (1909) sur la larve de *Tenebrio molitor* L.

2° un rôle spécial aux insectes, plus important que le précédent qui intervient plutôt accidentellement, on pourrait presque dire pathologiquement : ces graisses constituent une réserve destinée à être utilisée au moment de la nymphose. A cet égard, les études faites sur le développement du ver à soie et celles que j'ai poursuivies sur l'évolution de la Pyrale du maïs sont très significatives : on voit au moment de la nymphose la teneur en graisses baisser brusquement.

Chez l'imago on peut distinguer :

1° la graisse résiduelle qui provient d'un excès de réserves accumulées chez la larve et inutilisées au moment de la méta-

(1) Il s'agit ici bien entendu des graisses de réserve à l'exclusion des graisses protoplasmiques.

morphose. C'est cette graisse qu'on peut observer chez les insectes qui à l'état parfait ne prennent aucune nourriture; elle existe aussi chez beaucoup d'insectes gros mangeurs, mais elle est alors difficile à distinguer de la graisse du second groupe.

2° des graisses de néoformation, particulières à l'imago et qu'on pourrait appeler *graisses imaginales*. Ces substances se forment chez les espèces qui continuent à manger activement après la métamorphose; c'est le cas par exemple du Doryphora (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) ou du Négril (*Coluspidema atra* Ol.), gros mangeurs à l'état parfait. C'est encore le cas des Orthoptères (*Doclostaurus maroccanus* Thb.).

Quant au rôle de ces graisses, il est lié tout particulièrement à la reproduction de l'espèce. Chez la femelle elles sont utilisées en grande quantité pour l'édification des réserves de l'œuf; c'est la raison pour laquelle les femelles sont souvent plus riches en graisses que les mâles. Il faut rapprocher de ces faits l'huile extraite des œufs de criquets algériens par RAPHAEL DUBOIS.

Il existe encore des relations étroites entre le corps adipeux et les organes photogènes : le fonctionnement de ces appareils paraît nécessiter la présence des lipides.

VALEUR DE LA RESERVE ENERGETIQUE DES GRAISSES. — Il est intéressant d'évaluer la réserve énergétique que représentent les corps gras accumulés chez la larve. Si l'on évalue approximativement à 9000 calories la chaleur moyenne de combustion d'un gramme de corps gras, il est facile de calculer la valeur de cette réserve; les chiffres obtenus ne sont évidemment qu'approximatifs, mais ils sont suffisants pour fixer les idées sur ce point.

J'ai donc calculé la chaleur de combustion fournie par les graisses contenues dans 100 grammes de larves vivantes (en me basant sur les pourcentages que j'ai obtenus et qui sont reproduits plus loin).

Chaleur de combustion
approximative
(pour 100 grammes
de larves)

<i>Balaninus elephas</i> Gyll.....	252.000 calories
<i>Cossus ligniperda</i> F.....	247.500 —
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.....	243.000 —
<i>Ergates faber</i> L.....	117.000 —
<i>Camponotus vagus</i> Scop.....	22.050 —
<i>Eristalis tenax</i> L.....	15.930 —
<i>Malacosoma franconica</i> Esp.....	17.100 —
<i>Lymantria dispar</i> L.....	13.500 —
<i>Saturnia Pernyi</i> Guer.....	9.360 —

On ne peut qu'être frappé des différences considérables qu'accusent ces chiffres; à côté d'espèces munies d'une réserve thermodynamique énorme s'en trouvent d'autres qui sont fort mal pourvues.

Si au lieu de calculer pour 100 grammes de larves on détermine la valeur de la réserve par individu, les chiffres sont très différents; voici ceux que j'ai obtenus :

	Poids moyen de la larve	Valeur énergétique
<i>Cossus ligniperda</i> F.....	5 grammes	12.375 calories
<i>Balaninus elephas</i> Gyll.....	0.03 —	75.6 —
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.....	0.07 —	1.701 —
<i>Ergates faber</i> L.....	10 —	11.700 —
<i>Eristalis tenax</i> L.....	0.08 —	12.7 —
<i>Malacosoma franconica</i> Esp....	0.38 —	64.9 —
<i>Lymantria dispar</i> L.....	0.5 —	67.5 —
<i>Saturnia Pernyi</i> Guer.....	1 —	93.6 —

SIGNIFICATION PHYSIOLOGIQUE DE L'INSAPONIFIABLE. — Les substances désignées en technologie des corps gras sous le nom d'insaponifiable représentent des produits très différents au point de vue chimique et qui ne peuvent manquer d'avoir une signification physiologique multiple. Ces produits sont :

1° des hydrocarbures (saturés et non saturés) ;

- 2° des alcools monoatomiques de la série grasse;
- 3° des alcools cycliques (stérois).

Une première distinction s'impose entre les hydrocarbures d'une part et les alcools (qu'ils soient acycliques ou aromatiques) d'autre part; les premiers représentent un produit en quelque sorte juxtaposé aux corps gras; ils n'ont avec eux que des relations de contigüité; ils ne possèdent aucune liaison chimique avec les acides gras. La proportion de ces hydrocarbures est extrêmement variable dans les graisses de la série animale; on connaît les masses prodigieuses d'hydrocarbures trouvées dans les huiles de foies de Sélaciens (Squalène, Spinacène). Ils ne font pas défaut non plus, bien qu'en quantités moins considérables dans les huiles d'insectes; j'ai déjà parlé du carbure saturé (Undécane) trouvé par C. SCHALL (1893) dans l'huile de fourmis rouges; plus tard, MENOZZI et MORESCHI ont signalé dans l'huile de chrysalides de vers à soie un carbure $C^{28}H^{58}$ (Octoeicosane) et ont indiqué qu'il doit exister à côté un autre carbure. J'ai trouvé dans l'huile de chenilles processionnaires du pin (*Thaumetopæa pityocampa* Sch.) 8,5 p. 100 d'insaponifiable dont une partie importante doit consister en hydrocarbures.

Quelle est la signification physiologique de ces produits ? elle a paru évidente dans le cas des carbures fortement non-saturés des huiles de Sélaciens : on a considéré le Squalène comme une réserve prodigieuse d'énergie, douée d'un potentiel thermochimique très élevé. Dans un travail récent, ANDRÉ et CANAL (1928) ont souligné les relations qui paraissent exister entre le squalène, les acides gras et le cholestérol. Se basant sur l'étude de l'huile de foie de *Cetorhinus maximus* Gunn. à divers âges, ces auteurs croient pouvoir considérer le squalène comme le terme d'une série de réactions dont le point de départ serait constitué par les acides gras fortement non-saturés et l'intermédiaire par le Cholestérol.

Le problème est encore plus obscur en ce qui concerne les carbures saturés tels que ceux que renferment les huiles d'insectes : dans ce cas, la chaleur de combustion ne présente pas une valeur très élevée; d'ailleurs on les trouve en quantité si minime qu'ils ne pourraient constituer qu'une réserve de peu d'importance.

Les alcools monoatomiques à poids moléculaire élevé (alcerylique, mélissique, psyllostéarylique, etc.) se trouvent surtout dans les cires où ils remplacent la glycérine; le rôle de ces substances est souvent protecteur : les éthers de ces alcools constituent dans beaucoup de cas des enduits de revêtement imperméables et isolants (coccides, etc.).

L'importance du Cholestérol (et il en est probablement de même du Bombystérol et de ses isomères) est capitale. On sait depuis les travaux célèbres de MAYER et SCHAEFFER que cet alcool est un constituant fondamental de la cellule où il existe toujours en proportion déterminée par rapport aux acides gras totaux; son rôle dans l'intensité de l'imbibition des tissus est de toute première importance; il remplit peut-être aussi des fonctions de premier plan dans les phénomènes de la nymphose.

CHAPITRE V

Graisses de réserve et Graisses protoplasmiques

Une notion relativement récente dans la Physiologie des corps gras a été introduite à la suite des travaux de MAYER et SCHAEFFER, de TERROINE, de PFLUGER, de DORMEYER et de ABDERHALDEN : c'est celle de « graisses protoplasmiques » opposées aux « graisses de réserve ». On ne saurait dire que cette question, qui a donné lieu à beaucoup de travaux et de controverses, soit actuellement parfaitement au point; des divergences manifestes existent encore entre les différents auteurs. Il est d'abord à peu près certain que les « graisses protoplasmiques » ne sont pas des graisses au sens ordinaire du mot, mais des complexes lipoïdiques où les Phosphatides, les Stérols et les bases aminées coexistent avec les graisses véritables; il serait donc beaucoup plus correct de parler d' « acides gras de réserve » et d' « acides gras protoplasmiques » pour opposer des éléments comparables.

C'est surtout par des expériences faites chez les vertébrés que cette notion a été introduite.

L'épuisement d'un tissu à l'éther fournit une quantité plus ou moins considérable de corps gras : ce sont ces substances seules qui constituent selon LAMBLING les « graisses de réserve ». PFLUGER a montré que le résidu de l'épuisement contient encore une proportion variable de graisses ou plus exactement d'acides gras qui ne peuvent être décelés et libérés que par divers procédés sur lesquels je vais revenir. C'est ce reliquat que l'on a considéré comme graisses protoplasmiques. Tandis que les premières sont fournies plus spécialement par les cellules adipeuses adaptées à cette fonction, les secondes existent dans tous les tissus de l'organisme, mais en bien moindre quantité.

Alors que les graisses de réserve sont fonction de la nature de l'alimentation et varient dans une large mesure avec elle, les graisses protoplasmiques représentent une constante cellulaire toujours semblable à elle-même pour un organe et une espèce

donnés et à l'abri de toute modification consécutive à un changement de régime.

L'expérience fondamentale de ABDERHALDEN et BREHM est très démonstrative : ces auteurs faisaient jeuner des chiens et les soumettaient ensuite à une alimentation riche en huile de navette; ils constataient en sacrifiant ces animaux qu'ils avaient simplement mis en réserve cette huile dont les constantes diffèrent nettement de celles des lipides normaux du chien. En revanche, les acides gras des graisses protoplasmiques étaient identiques à ceux de la graisse normale de chien.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour l'extraction des graisses protoplasmiques : les unes obtiennent les lipoïdes eux-mêmes, les autres les acides gras.

DORMEYER (1896) soumet la poudre dégraissée par l'éther à une digestion artificielle à la pepsine chlorhydrique; il épuise de nouveau à l'éther et obtient ainsi une certaine quantité de lipoïdes; mais selon MÜLLER (1903) le produit ainsi obtenu n'est qu'une graisse très impure qui contient encore dans le cas du muscle de bœuf 2,7 à 2,9 p. 100 d'Azote.

ROSENFELD (1900 et 1905) utilise un autre procédé cherchant à rendre perméables les membranes cellulaires : il épuise le tissu broyé et desséché, alternativement à l'alcool absolu et au chloroforme; puis il distille les solutions obtenues et reprend les résidus par l'éther; il évapore et pèse.

Le procédé de KUMAGAWA et SUTO (1908) isole les acides gras; le tissu est saponifié par la soude et la solution acidulée pour libérer les acides gras, puis agitée avec de l'éther qui dissout les acides gras et forme une couche à la surface de l'eau; celle-ci est décantée, l'éther évaporé, le résidu repris à l'éther de pétrole, évaporé et pesé. Le pourcentage en glycérides se calcule en multipliant le poids d'acides gras par 1,046. La méthode primitive a été perfectionnée par MAYER et SCHAEFFER (1912) qui l'ont combinée à celle de WINDAUS (1910), permettant ainsi le dosage du cholestérol. LEMELAND faisant remarquer que l'insaponifiable est compté dans cette méthode comme acides gras a proposé un procédé pour parer à cette cause d'erreur; mais il n'en demeure pas moins que la méthode de KUMAGAWA et SUTO est un moyen de doser *les acides gras et non les graisses*.

TERROINE (1920) a abordé le problème des graisses de réserve par une autre voie. Partant du principe qu'un animal mourant d'inanition a consommé la totalité de ses graisses de réserve, auxquelles il donne le nom d' « élément variable », il admet que nous possédons ainsi un moyen de séparer ce qu'il appelle « élément constant » et qui correspond à peu près aux graisses protoplasmiques. On peut se demander si le jeûne suffit vraiment à éliminer toutes les graisses de réserve et s'il ne subsiste pas au moment de la mort quelques dépôts adipeux macroscopiquement perceptibles. Il est certain en tous cas que TERROINE a obtenu par la méthode de KUMAGAWA-SUTO des chiffres d'une certaine fixité. Cet auteur a encore remarqué que les divers organes parenchymateux des vertébrés (foie, rein, etc.) présentent au moment de la mort par inanition une teneur constante en acides gras.

L'application aux insectes de la méthode du jeûne absolu m'a paru incapable de fournir des résultats cohérents : imagine-t-on qu'il soit possible de faire jeûner des Aphidiens ? La mort survient quelques heures après que l'insecte ait été détaché de sa plante nourricière et il est bien évident qu'on ne saurait tirer de ce fait aucune conclusion. La même situation se retrouverait dans un très grand nombre de cas. SLOWTZOFF a essayé (1909) chez *Geotrupes stercorarius* L. et il a constaté qu'il existait encore lors de la mort par inanition une quantité considérable de graisses. Dans d'autres cas, l'inanition absolue prolongée jusqu'à 7 mois (par exemple chez les chenilles de *Pyrausta nubilalis* Hubn. en état d'asthénobiose) n'est pas suivie de mort et ne modifie aucunement la teneur en corps gras. VALERY MAYET a conservé pendant deux ans et demi une larve de *Trichodes amnios* F. dans un état de jeûne absolu; pendant ce temps, sa taille avait seulement un peu diminué. Je pense donc que la distinction de l' « élément constant » et de l' « élément variable » est irréalisable chez les insectes en se basant sur le procédé de l'inanition. Elle serait d'ailleurs d'intérêt très secondaire pour le but que je poursuis.

Chez les insectes, particulièrement chez les larves, la proportion de graisses protoplasmiques est infime si on la compare à celle des graisses de réserve. Ce sont ces dernières seules que

j'ai étudiées, mais il m'a paru intéressant de procéder dans un cas au moins au dosage des acides gras protoplasmiques afin d'avoir une idée de la proportion de ces substances chez une larve de Coléoptère.

14 larves d'*Ergates faber* L. pesant 100 gr. 8 ont été broyées et séchées, puis épuisées longuement à l'éther au Soxhlet. L'huile extraite après cette opération pesait 12 gr. 9738, soit 12,87 p. 100. Le résidu épuisé pesait 18 gr. 5, soit 18,3 p. 100. Les larves contenaient donc 68,7 p. 100 d'eau.

La poudre dégraissée a été traitée dans une capsule au bain-marie par une solution de potasse pendant une heure pour saponifier complètement les graisses qui pouvaient encore exister. Le produit a été ensuite traité jusqu'à acidité par l'acide sulfurique dilué et évaporé au bain marie, puis desséché dans le vide. La poudre ainsi obtenue a été épuisée à l'éther de pétrole au Soxhlet. J'ai obtenu dans ces conditions 0 gr. 0885 d'acides gras, soit 0,0878 p. 100, ce qui, calculé en glycérides, donne 0,0918 p. 100, moins de 1 pour mille.

De cette expérience je tire les conclusions suivantes :

1° la larve d'*Ergates faber* L. contient une quantité importante de graisses de réserve facilement extraites par l'éther et remarquablement pauvres en phosphore (voir plus loin).

2° elle ne renferme qu'une proportion très minime de graisses protoplasmiques (moins de 1 pour 1000).

3° l'épuisement, dans les conditions où il a été opéré, a enlevé pratiquement la totalité des graisses de réserve.

Du point de vue théorique, je ferai encore la remarque suivante :

Dans une larve telle que celle d'*Ergates faber* L., le pourcentage pondéral des cellules susceptibles a priori de fournir des graisses protoplasmiques est minime : si l'on enlève le corps adipeux sous cutané et périviscéral, la chitine, les téguments, les pièces masticatrices et le contenu du tube digestif, on supprime du même coup la plus grande proportion (en poids) de l'animal.

Certains auteurs spécialisés dans l'étude des corps gras ont tendance à concentrer leur activité sur les acides gras à l'exclusion des autres constituants fondamentaux ou accessoires des

graisses naturelles. Cette manière de faire me paraît difficile à justifier, car elle néglige délibérément des substances d'un très grand intérêt. Citons à ce propos les phrases suivantes extraites d'un récent travail de BELIN (1926, p. 1081) :

« Disons tout de suite que la nécessité d'un isolement rigoureux des acides gras s'impose, non seulement pour le problème actuellement discuté, mais encore pour toute étude qualitative des matières grasses et lipoïdiques. De très nombreux indices et tout particulièrement l'indice d'iode auquel nous recourrons dans la suite sont entièrement à réviser parce que déterminés sur les graisses totales et non sur les acides gras; nous savons en effet depuis les belles recherches de l'école japonaise que les matières grasses brutes extraites d'un organe peuvent entraîner des proportions parfois considérables de carbures; l'indice rapporté au poids global de la graisse employée perd toute signification. »

Cette opinion me paraît difficilement défendable : les produits trouvés à l'état naturel dans les organismes sont des graisses et non pas des acides gras; pour comparer les graisses de tel ou tel autre animal, il est logique de s'adresser aux chiffres fournis par le lipide intégral et non par l'un quelconque de ses produits de décomposition. Certaines huiles d'animaux marins par exemple, sont riches en insaponifiable constitué par des alcools non-saturés (alcool oléylique, etc.) qui tiennent la place occupée chez d'autres par la glycérine. Il est évident que l'élimination systématique de ces constituants capables de fixer une proportion importante d'iode fausse toutes les comparaisons qui peuvent être tentées dans la suite.

Il est beaucoup plus logique et plus conforme aux règles d'une analyse méthodique de déterminer successivement l'indice d'iode de la graisse *totale* et ensuite celui des acides gras totaux, celui des acides liquides et celui de l'insaponifiable. Ce procédé ne peut manquer d'apporter plus de lumière dans l'étude de la constitution des corps gras.

D'ailleurs, il n'est pas que l'indice d'iode dont la mesure présente un grand intérêt : beaucoup d'autres caractéristiques

(indices de réfraction, de saponification, de HEHNER, de REICHERT-MEISSEL, etc.) doivent être mesurés sur la graisse initiale et non sur ses produits de désintégration. L'étude des acides gras ne doit pas éclipser celle de la graisse : cette notion très simple paraît avoir été quelque peu négligée.

CHAPITRE VI

Aperçu sur l'histologie du corps adipeux des insectes

Si l'on sectionne brutalement d'un coup de ciseaux une larve de Cérambycide, une chenille de *Zeuzera aesculi* L. ou une larve de *Tenebrio molitor* L., on voit aussitôt une masse de tissus blanche, molle et fluctuante faire hernie par la blessure. On reconnaît immédiatement la formation, si développée chez les insectes, qui a reçu le nom de *corps adipeux*. Ce terme de « corps adipeux » pourrait laisser croire qu'il s'agit d'un tissu dont l'unique fonction est d'élaborer les corps gras et de les conserver en réserve; en réalité, la fonction adipogénique, bien que de toute première importance n'est pas la seule qui soit dévolue à cette formation; le corps adipeux joue un peu au point de vue biochimique le rôle du foie et du rein des animaux supérieurs. Depuis déjà longtemps, FABRE (1863) et MARCHAL (1889) ont montré qu'il pouvait fonctionner comme un rein d'accumulation et ont observé l'inclusion de nombreuses cristallisations d'urates et d'acide urique. On voit encore à certains stades le corps adipeux élaborer des granulations de nature albuminoïde qui ont été considérées comme des réserves destinées à être utilisées plus tard. Les divers auteurs qui les ont décrites se sont surtout attachés à signaler les affinités de ces granulations pour les colorants histologiques, mais nous sommes beaucoup moins renseignés sur la nature et le rôle des divers acides aminés qui entrent dans leur composition. C'est là un point dont l'étude, fort difficile d'ailleurs, est encore tout entière à réaliser. Au moment de la nymphose, ces granulations subissent une véritable digestion intracellulaire. BERLESE (1909, p. 798) pense que les diastases qui opèrent cette dégradation sont fournies par le noyau.

A côté de ces granulations albuminoïdes, les gouttelettes sphériques de graisse atteignent des dimensions de plus en plus grandes suivant la taille de la cellule. BERLESE (1899-1901) a montré que chez la larve de *Calliphora* venant d'éclore, les cel-

lules adipeuses mesurent 30 à 35 μ . Ces mêmes cellules s'accroissent au point de mesurer 350 μ chez la larve au terme de son développement.

Le corps adipeux subit un profond remaniement au moment de la nymphose; il est alors le siège de phénomènes très importants qui précèdent la formation des organes imaginaires.

WIELOWIEJSKI en 1886, ainsi que MIALI et HAMMOND en 1900 ont distingué dans le tissu adipeux de la larve de *Chironomus* un tissu *externe* et un tissu *interne*, le premier segmenté, le second d'aspect lobé. Cette distinction a été étendue et précisée par BERLESE qui s'est basé sur de nombreuses observations faites chez des Bruchides, chez des Tenthredinides et chez les genres *Myrmeleon*, *Coccinella*, *Sitodrepa*, etc. Il a reconnu : 1° un tissu adipeux distal (qu'on pourrait appeler tissu adipeux sous-cutané), situé entre les téguments et la membrane péritonéale; 2° un tissu adipeux proximal (qu'on pourrait encore dénommer tissu adipeux périviscéral), entre la membrane péritonéale et le tube digestif.

Ces deux formations sont distinctes macroscopiquement, non seulement par leur situation anatomique, mais encore par leur couleur et leur consistance; l'examen histologique montre aussi des différences portant surtout sur les inclusions albuminoïdes,

Dans beaucoup de cas, le tissu adipeux passe de la larve à l'imago sans très grande modification; parfois au contraire on voit surgir une formation nouvelle dite *tissu adipeux imaginal* (Diptères, Termites, etc.).

Les travaux consacrés à l'étude histologique du corps adipeux sont très nombreux; à ces recherches sont surtout attachés les noms de BERLESE, HENNEGUY, ANGLAS, VANEY et MAIGNON, C. JANET, SÉMICHON, PEREZ, FEYTAUD, M^{me} HUFNAGEL, POYARKOFF, BISHOP, etc. Ces auteurs se sont efforcés d'observer le développement du corps adipeux, d'établir ses caractéristiques histologiques dans les différents ordres, de suivre son évolution, son histogénèse et son histolyse au moment de la métamorphose; les faits complexes qui ont été décrits peuvent difficilement être synthétisés et obligent à passer en revue les différents groupes.

LEPIDOPTERES. — BERLESE a fait porter ses recherches sur *Pieris brassicae* L., *Bombyx mori* L., *Hyponomeuta malinella* Zell. Mme HUFNAGEL a réalisé une étude détaillée d'*Hyponomeuta padella* L.

BERLESE a vu chez les jeunes larves de *Pieris brassicae* les cellules adipeuses dériver directement des amibocytes. Quand la larve a atteint une longueur de 9 ^m/_m 5, les granulations albuminoïdes commencent à se former dans le corps adipeux. La distinction est très nette entre les cellules du corps adipeux périphérique, situé sous l'hypoderme et celles du corps adipeux central au point de vue de leur teneur en inclusions albuminoïdes et en urates.

Chez le ver à soie on voit moins nettement que chez *Pieris brassicae* le tissu adipeux dériver des amibocytes; le dépôt des granulations albuminoïdes commence au début de la nymphose. Les cellules sont groupées en masses entourées de membranes.

Chez *Hyponomeuta malinella* Zell. les granulations albuminoïdes se déposent pendant la formation du cocon.

Chez *H. padella* L., Mme HUFNAGEL a vu le tissu adipeux constituer deux nappes : l'une périphérique, sous hypodermique, l'autre entourant l'intestin moyen. Les éléments adipeux et les leucocytes dérivés d'une même origine mésenchymateuse continuent à se différencier pendant une grande partie de la vie larvaire. Pendant la croissance de la larve, les cellules accumulent des gouttelettes huileuses; elles montrent des granulations albuminoïdes au moment de la métamorphose.

BERLESE admet, chez les espèces qu'il a étudiées, que le tissu adipeux larvaire passe intégralement chez l'imago; Mme HUFNAGEL pense que, chez *H. padella* L., la plupart des cellules grasses passent aussi chez l'imago, mais que quelques-unes disparaissent par phagocytose.

COLEOPTERES. — Nos connaissances sur l'histologie du corps adipeux chez les coléoptères sont dues surtout à BERLESE (1899) et à POYARKOFF (1910); le premier de ces auteurs a étudié assez sommairement les espèces suivantes : *Aphodius* sp., *Hesperophanes cinereus* Vill., *Coccinella septempunctata* L., *Sitodrepa*

punctata, POYARKOFF a réalisé une étude approfondie de la Galerue de l'orme (*Galerucella luteola* Müll.).

BERLESE avait admis que le noyau des cellules adipeuses était toujours arrondi; HENNEGUY a montré que cette opinion ainsi généralisée était inexacte. Il est des cas, particulièrement chez *Anthrenus punctatus* L., où le noyau est ramifié comme chez les Hyménoptères.

Chez *Coccinella septempunctata* L., BERLESE a remarqué qu'il existe une différence notable entre le tissu adipeux proximal et le tissu adipeux distal, le premier étant très chargé en urates, contrairement au second.

Chez la larve de *Lampyrus noctiluca* L., BERLESE a vu les graisses contenues dans des amas sphériques formés de plusieurs cellules: chez les *Aphodius*, les Staphylinés et d'autres coléoptères, les cellules du corps adipeux commencent à emmagasiner des granulations albuminoïdes vers le milieu du développement de la larve.

Le travail approfondi de POYARKOFF a porté exclusivement sur la Galerue de l'orme (*Galerucella luteola* Müll.) Il a vu chez la larve venant d'éclore, les cellules adipeuses disposées en petits groupes accolés les uns aux autres: elles contiennent déjà des vésicules de graisse colorables par le tétroxyde d'osmium. Ces cellules grossissent en même temps que la larve: celles du corps adipeux périphérique renferment seulement de la graisse, tandis que celles du corps adipeux central se chargent en outre de granulations éosinophiles. Les cellules adipeuses augmentent de nombre en se multipliant. On voit dans la suite des granulations albuminoïdes apparaître dans le corps adipeux périphérique, mais elles sont toujours de dimensions inférieures à celles du corps adipeux central.

Chez les larves au terme de leur croissance, le tissu adipeux forme 4 cordons longitudinaux: au moment de la métamorphose on voit les cellules du corps adipeux interne proliférer par karyokinèse, puis se dissocier progressivement d'avant en arrière: les cellules se libèrent: elles deviennent parfois fusiformes et émettent des prolongements pseudopodiques. En même temps le cytoplasma cesse de prendre les colorants: des cristaux d'urates

apparaissent. Dans la période qui précède l'éclosion de l'imago on voit les cellules adipeuses dissociées s'agglomérer de nouveau, formant une nappe continue. POYARKOFF a observé que quelques cellules adipeuses disparaissent pendant la métamorphose ; cette disparition a lieu surtout dans la partie postérieure du corps : elle se fait par phagocytose et par groupes.

Les cellules adipeuses périphériques disparaissent de préférence aux cellules centrales : chez l'imago, le corps adipeux est constitué en grande partie par des cellules représentant le corps adipeux central de la larve.

POYARKOFF admet que la majorité des cellules adipeuses de la larve passe à l'imago et qu'une partie est phagocytée. BERLESE n'avait pas observé cette phagocytose et admettait le passage intégral du corps adipeux de la larve à l'imago.

PSEUDONEVROPTERES. — Je prendrai comme exemple le tissu adipeux des Termites, bien connu grâce aux travaux de FEYTAUD, de BUGNION, de HOLMGREN, etc.

Chez le Termite lucifuge (*Leucotermes lucifugus* Ross.) deux catégories de tissus sont à envisager :

1° chez la larve, chez l'ouvrier, le soldat et l'imago, les cellules adipeuses se présentent sous un aspect vacuolaire prenant faiblement l'hémalun-éosine ; elles sont groupées en cordons qui s'insinuent et s'intercalent entre les divers organes.

2° chez le roi et la reine âgés, le tissu adipeux se présente sous un aspect très différent : il est beaucoup plus chromatophile ; les cellules ont un noyau volumineux avec un gros nucléole et de fines granulations chromatiques : il s'agit d'un tissu adipeux néoformé auquel FEYTAUD a donné le nom de *tissu adipeux royal* en l'opposant à celui des larves et des imagos à l'époque de l'essaimage.

Ce tissu royal qui est analogue au tissu imaginal des Diptères supérieurs se forme à la fois à partir des anciennes cellules adipeuses et à partir d'initiales néoformées, le premier processus paraissant le plus développé.

Ces masses de tissu adipeux royal de néoformation se développent surtout dans la partie postérieure de l'abdomen, près

du vaisseau dorsal. Le passage du tissu adipeux larvaire au tissu royal s'opère selon FEYTAUD de la façon suivante : chez *Leucotermes lucifugus* Ross. le tissu adipeux ne subit de modification que deux ans au moins après l'essaimage: le tissu royal se forme dans le thorax et occupe la place des muscles du vol histolysés.

Ces éléments apparaissent à la périphérie du tissu adipeux larvaire sous forme de noyaux que FEYTAUD assimile aux initiales d'adipocytes décrites par JANET chez les reines de fourmis. Ce sont les leucocytes qui s'insinuent dans le tissu adipeux larvaire et s'accrochent aux cellules adipeuses. Ces noyaux leucocytaires se multiplient; ils finissent par s'entourer d'une masse protoplasmique limitée par une membrane et élaborent des gouttelettes de graisse. Pendant ce temps, les noyaux des anciennes cellules royales prennent un aspect polygonal et renferment de nombreuses gouttelettes de graisse.

Chez *Termes natalensis* Hav. et *T. bellicosus* Smeath., le processus est dans ses grandes lignes analogue à celui qui vient d'être rapidement résumé: il se caractérise surtout par un cloisonnement précoce de la cellule adipeuse larvaire qui délimite une zone autour du noyau leucocytaire, première ébauche de ce qui sera plus tard la cellule adipeuse royale définitive. Cette évolution aboutit à la formation de cellules adipeuses groupées en files linéaires, en colonnes ou en rosaces: la graisse apparaît dans ces cellules à une époque variable: les noyaux sont souvent gonflés d'énormes gouttes de graisse, parfois même dès leur pénétration. Les cellules en colonnettes ne renferment par contre que peu de graisse.

HYMENOPTERES. — Le tissu adipeux des hyménoptères a été étudié par un grand nombre d'auteurs. HENNEGUY a établi une distinction entre le corps adipeux des Tenthredinides et celui des autres hyménoptères: les larves de Tenthredinides sont caractérisées par la forme rubanée que prend le noyau des cellules adipeuses à une période très précoce, contrairement à ce qui se passe chez les autres hyménoptères: le noyau s'allonge et se ramifie en s'amincissant. Dans l'intervalle des cellules sont enclavées de petites cellules à urates: on voit les cellules adipeuses grossir à l'approche de la nymphose.

Chez l'imago, HENNEGUY a observé à côté des cellules graisseuses identiques à celles de la larve d'autres éléments plus petits, à protoplasma plus chromatophile : ces éléments se forment aux dépens des premiers et constituent seuls le tissu adipeux imaginal.

Chez la fourmi rouge (*Formica rufa* L.), objet des remarquables études de CH. PEREZ (1902), on voit, chez la larve venant d'éclore, les cellules adipeuses se constituer aux dépens des amibocytes; elles ont à cette période une forme assez régulièrement sphérique et leur diamètre mesure 12 à 15 μ . Elles contiennent déjà des gouttelettes graisseuses; le noyau est sphérique et mesure environ 5 μ .

Chez une larve mesurant 2 ^{mm} 5, les cellules adipeuses ont augmenté de dimension : elles atteignent 30 à 40 μ et le noyau 15 μ . Le noyau a perdu son contour arrondi; il présente des saillies périphériques peu prononcées. Les gouttelettes grasses n'ont pas subi de changement appréciable; en revanche, il apparaît des granulations éosinophiles.

Chez la larve de 6 ^{mm} les cellules adipeuses ont continué à grossir et atteignent 80-90 μ . En même temps les noyaux tendent à accuser une forme très irrégulière et prennent un contour très ramifié.

Chez la larve au terme de sa croissance, les cellules mesurent 150 μ ; leur noyau est complètement déformé, tortueux et ramifié.

Au moment de la nymphose, le noyau continue à se ramifier et des granulations spéciales apparaissent dans la région centrale. A partir de ce point il y a lieu de distinguer séparément l'évolution de deux catégories de cellules adipeuses :

1° certaines cellules continuent à évoluer sans se détruire; telles sont celles de la région thoracique chez lesquelles on voit les inclusions éosinophiles diminuer rapidement; la cellule arrive à ne plus contenir que des globules graisseux. La plus grande partie des cellules adipeuses qui remplissent l'abdomen des femelles persiste ainsi en montrant un accroissement des gouttelettes grasses.

2° d'autres cellules disparaissent au cours de la nymphose. PENNY explique cette disparition par l'action d'une phagocytose leucocytaire: ces faits s'observent particulièrement dans la région postérieure de la tête et la partie antérieure du thorax; la destruction est extrêmement rapide: les leucocytes perforent la membrane des cellules; les noyaux subissent des modifications importantes et la cellule entière est progressivement résorbée.

Une intéressante différence existe entre les mâles et les femelles au point de vue de l'intensité de la phagocytose: chez la nymphe du mâle, le corps adipeux de l'abdomen est presque entièrement phagocyté, tandis que la femelle conserve un corps adipeux muni de réserves abondantes qui lui assurent une vitalité plus considérable.

Le travail de SÉMICHON (1906) qui a porté sur quelques mellifères solitaires a fourni des données intéressantes sur le corps adipeux des genres *Halictus*, *Anthophora*, *Megachile*, *Osmia*, etc.

SÉMICHON a vu les cellules adipeuses contenir de la graisse à tout âge: c'est d'abord le seul produit qui contient le cytoplasme; puis apparaissent des inclusions acidophiles et des traînées basophiles. Ces dernières persistent quelque temps et disparaissent.

Le noyau est sphérique chez les jeunes larves; il se déforme et devient irrégulier à mesure qu'augmentent les inclusions cytoplasmiques.

Au moment de la nymphose, SÉMICHON a vu les cellules adipeuses persister presque toutes dans l'abdomen; celles de la tête, du thorax et des appendices disparaissent.

Chez l'imago, le corps adipeux central se réduit et ses réserves disparaissent parallèlement au développement des organes de l'animal: les cellules périphériques sont encore capables d'emmagasiner de la graisse d'origine digestive.

Dans un intéressant mémoire, GEORGE H. BISHOP (1923) a constaté que le corps adipeux de la larve d'abeille atteint les deux tiers du poids du corps; il a mis en évidence pendant la nymphose un processus catabolique dont est le siège le tissu adipeux. Pendant ce stade, la graisse qui s'était précédemment ac-

cumulée en grosses gouttelettes disparaît et la cellule se remplit de granulations albuminoïdes. Dans la suite ces granulations sont elles-mêmes lysées et d'importantes modifications nucléaires se produisent.

DIPTERES. — De nombreuses recherches ont été consacrées au corps adipeux des Diptères; les premiers auteurs, WEISSMANN, KUNCKEL, GANIN, VIALLANES croyaient que le corps adipeux subit une histolyse complète au moment de la nymphose. C'est le mérite de BERLESE (1899) d'avoir montré que les modifications histologiques du corps adipeux se déroulent chez les Diptères selon un processus très spécial; les faits que cet auteur a décrits ont été observés chez *Calliphora erythrocephala* Meig., l'espèce même chez laquelle j'ai pu déterminer chimiquement les caractéristiques de l'huile (voir deuxième partie).

Chez la larve qui vient d'éclore, le corps adipeux est formé de cellules mesurant 30 à 35 μ , groupées en lames autour des viscères et laissant un espace clair sur les lignes dorsales et ventrales. Ces cellules augmentent de taille sans se multiplier, fait qui avait déjà été observé par AUERBACH (1874). Elles arrivent à mesurer jusqu'à 350 μ . On peut estimer que leur volume est devenu mille fois plus considérable qu'à l'éclosion.

Quand les larves ont atteint tout leur développement, elles cessent de manger et c'est alors qu'apparaissent des modifications importantes: le corps adipeux élabore des granulations albuminoïdes; ces granulations sont destinées à être désintégrées au moment de la nymphose; leurs éléments serviront à l'édification des organes imaginaires.

BERLESE a montré que les cellules adipeuses jouent un rôle considérable chez la nymphe, absorbant des substances albuminoïdes qu'elles digèrent et libèrent ensuite; c'est pour cette raison qu'il a proposé de leur donner le nom de *trophocytes*.

La mouche à l'éclosion renferme des cellules adipeuses identiques à celles de la nymphe et aussi du tissu adipeux néoformé appelé tissu adipeux imaginal.

BERLESE a montré que ces cellules adipeuses imaginaires tirent leur origine des sphères de granules ou caryolytes, éléments

dérivés des noyaux musculaires et qui n'ont pas encore subi la différenciation en myocytes.

VANEY (1902) a décrit aussi un tissu adipeux imaginal chez les nématocères des genres *Chironomus* et *Simulia*.

CHAPITRE I

Les techniques utilisées

Je dois indiquer avec quelques détails les méthodes que j'ai mises en pratique : trop souvent la lecture des recherches originales et la critique de leurs résultats sont rendues difficiles par le manque de précision touchant les techniques utilisées; il y a donc avantage à exposer exactement les procédés qui ont été appliqués. Cette manière de faire est particulièrement nécessaire pour les recherches qui portent sur les corps gras : on a décrit un si grand nombre de méthodes qu'il est indispensable d'indiquer exactement celles qui ont été suivies. L'indice d'iode par exemple peut être déterminé par le procédé de HUBL, par celui de WIJS, par celui de HANUS, par celui de ROSENMUND et KUHNEN, par celui de WINKLER. L'insaponifiable est dans une certaine mesure fonction du procédé adopté pour l'extraction; son dosage peut être fait par les méthodes de LEYS, de MORAWSKI et DEMSKI, d'ALLEN et THOMSON, de UBBELHODE, de NORMANN et HUGEL.

On voit qu'il faut choisir parmi toutes ces techniques et comme les chiffres obtenus par l'une ou par l'autre de ces méthodes ne concordent pas toujours, il est indispensable de préciser celles qui ont été suivies.

EXTRACTION DES HUILES ET GRAISSES D'INSECTES. — Le premier problème auquel je me suis heurté résidait dans le choix de la méthode d'extraction à employer. Le procédé de KUMAGAWA-SUTO très vanté et employé à peu près exclusivement dans beaucoup de recherches récentes ne répondait aucunement au but que je me proposais; c'est intentionnellement et systématiquement que je lui ai préféré l'extraction aux dissolvants et en voici les motifs : La méthode de KUMAGAWA-SUTO (Saponification totale) qui constitue *dans certains cas* un excellent procédé de dosage des acides gras *n'est pas une méthode d'extraction des graisses* puisqu'elle commence par réaliser une démolition intégrale des glycérides; le but que je me suis pro-

posé était tout différent : j'ai cherché à isoler les graisses telles qu'elles existent à l'état normal dans le corps adipeux des insectes, à reconnaître leur état solide ou liquide, à déterminer leurs points de fusion, leurs densités, leurs indices de réfraction, etc... en vue de rechercher les relations qui existent entre ces caractéristiques et la biologie totale de l'animal. Ce n'est que dans un second temps que j'ai opéré la saponification, le dosage de l'insaponifiable et l'étude des acides gras saturés et non-saturés.

Il est bien évident que des recherches poursuivies dans cet ordre d'idées excluaient formellement la méthode japonaise qui ne livre à l'étude que les produits de démolition de la molécule de graisse.

Il y a encore lieu de remarquer que le procédé de KUMAGAWA-SUTO donne le pourcentage d'un tissu en acides gras et non en glycérides; on peut bien ramener par le calcul ces acides gras au poids de graisse correspondant, mais la méthode n'est pas rigoureuse dans les cas où il existe des alcools à poids moléculaire élevé; beaucoup d'huiles d'animaux marins telles que celles de Cachalots ou d'*Hyperoodon rostratus*, riches en alcools cétylique et oléylique fourniraient par ce procédé des résultats inutilisables.

En résumé, c'est préjuger la composition d'un corps gras inconnu que de lui appliquer systématiquement la méthode de saponification totale de KUMAGAWA et SUTO. J'ai donc utilisé largement les procédés d'extraction par les dissolvants.

Le premier but que je poursuivais était de déterminer l'extrait étheré fourni par des insectes choisis dans les groupes les plus éloignés, ayant l'alimentation la plus variée et se trouvant à des états physiologiques très distincts. On a reproché à l'extraction par l'éther d'être incomplète: l'objection est exacte si l'on a en vue le dosage des substances grasses et lipoïdiques totales : il est certain que les acides gras engagés dans les phosphatides et autres combinaisons lipoïdiques complexes ne sont pas complètement obtenus par ce procédé. Mais je n'ai en vue dans ce travail que les graisses de réserve et non les graisses protoplasmiques; ces dernières constituent d'ailleurs chez les insectes, chez

les larves surtout, une fraction extrêmement minime comme je l'ai déjà montré précédemment.

L'extraction par les dissolvants est le principal procédé utilisé par les rares auteurs qui se sont livrés à l'étude des graisses d'insectes : c'est celui qu'a utilisé THOMS dans ses recherches sur la graisse de *Myelobia smerintha* Hübn., celui que LEWKOWITSCH a appliqué à l'étude de l'huile de chrysalides de vers à soie, celui que HUERRE a suivi pour extraire la graisse de cochenilles, etc...

Les insectes ont été pesés (1) et comptés (quand c'était possible) pour calculer leur poids moyen et le rendement moyen en corps gras par individu, puis broyés dans un mortier avec du sable. Dans quelques cas (*Balaninus elephas* Gyll.) il a été possible de pratiquer un épuisement immédiat par les dissolvants; le plus souvent il a été nécessaire de déshydrater au préalable les insectes broyés; il y avait là un écueil à éviter : la dessiccation opérée à l'étuve sans précaution n'aurait pas manqué d'oxyder les graisses et cela d'autant plus facilement que leur indice d'iode était plus élevé. J'ai donc le plus souvent utilisé le procédé recommandé par LEATHES et RAPER (1925) : déshydratation par l'alcool à 95° : l'alcool enlève facilement la plus grande partie de l'eau; d'autre part il ne dissout à froid que très peu de corps gras et il est facile de récupérer la minime partie qu'il a pu enlever en l'évaporant au bain-marie et en reprenant le résidu à l'éther.

Dans certains cas j'ai exécuté la dessiccation entièrement dans le vide : c'est évidemment le procédé idéal, celui qui risque le moins d'altérer les produits.

Les tissus broyés et desséchés ont été ensuite épuisés au SOXHLET en utilisant des dissolvants variés : ether sulfurique, ether de pétrole, chloroforme, acétone. J'ai souvent employé

(1) Une difficulté se présentait du fait que les insectes pesés avaient parfois leur tube digestif bourré de substances alimentaires; ce fait est particulièrement saillant chez les larves d'*Ergates faber* L. et d'*Oryctes nasicornis* L. S'il était facile de l'éviter en éliminant par la dissection le contenu du tube digestif chez ces insectes de grande taille, l'opération était absolument irréalisable dans le cas de petites larves telles que celles de *Colaspidea atra* Ol. traitées au nombre de plusieurs milliers lors de chaque extraction. J'ai donc toujours pesé l'animal complet, y compris le tube digestif en réplétion.

l'éther sulfurique, très commode en raison de son point d'ébullition peu élevé qui permet de l'éliminer très rapidement quand l'épuisement est terminé. J'ai aussi utilisé dans une large mesure l'éther de pétrole qui se recommande par les produits très purs qu'il permet d'obtenir, présentant en général une coloration moins intense.

Dans tous les cas la solution de corps gras a été chauffée quelques instants dans le vide pour éliminer les dernières traces du dissolvant; les produits obtenus étaient pesés et le poids rapporté à celui des insectes frais.

INSECTES UTILISES APRES CONSERVATION. — Dès le début de ces recherches j'ai eu la pensée d'utiliser un moyen de conservation ne modifiant pas les caractéristiques des corps gras, qui permettrait d'étudier des insectes impossibles à obtenir vivants, particulièrement des insectes des colonies intéressants en raison de l'influence du facteur température (*voir 3^e partie*). C'était en outre un moyen de multiplier mes matériaux d'étude. J'ai essayé divers procédés : les meilleurs résultats ont été fournis par l'alcool à 70° et l'eau formolée à 3 p. 100. Il fallait au préalable s'assurer que ces liquides conservateurs ne modifiaient pas les caractéristiques des corps gras; j'ai donc fait l'expérience suivante : des larves d'*Ergates faber* L. ont été plongées d'une part dans l'alcool à 70°, d'autre part dans l'eau formolée à 3 p. 100; elles y ont été laissées 3 mois. Au bout de ce temps elles ont été desséchées et épuisées à l'éther. L'huile obtenue, parfaitement limpide, de couleur jaune très pâle, avait exactement les constantes de l'huile extraite des insectes frais (indice de saponification 194, indice d'iode 69, acidité nulle). Il y a donc tout lieu de penser que ces modes de conservation n'altèrent pas les caractéristiques des corps gras; ce sont ceux que j'ai employés pour tous les insectes des colonies étudiés dans ce travail.

CONSTANTES PHYSIQUES

INDICES DE REFRACTION. — Les indices de réfraction ont été déterminés au laboratoire national des matières grasses, à Marseille, au moyen de l'Oléoréfractomètre de ABBE. Cet appa-

reil a été particulièrement utile parce qu'il permet d'obtenir un chiffre précis avec une goutte d'huile seulement. J'indique le chiffre lu directement à la température de l'observation et le chiffre ramené par le calcul à 15°.

DENSITE. — La densité a été déterminée par la méthode du flacon à l'aide d'un petit picnomètre; dans quelques cas, quand la quantité d'huile était insuffisante pour remplir le ballon, j'ai utilisé la méthode de la goutte en suspension de HAGER (1); une goutte d'huile est amenée à la position d'équilibre dans un mélange d'eau et d'alcool; il suffit de prendre la densité de ce mélange qui est égale à celle de l'huile en suspension. Ce procédé n'a été utilisé que dans les cas où une mesure directe était impossible.

POINT DE FUSION. — Le point de fusion des graisses, des beurres et des acides solides a été mesuré par la méthode du tube capillaire et à l'aide d'un Thermomètre au 1/10. J'ai toujours abandonné au repos pendant au moins 24 heures les acides gras récemment fondus : on sait que le point de fusion est modifié à la suite de plusieurs fusions successives.

Dans quelques cas, j'ai utilisé la méthode de POHL, consistant à immerger le réservoir du thermomètre dans le corps gras en fusion, puis à le retirer, laisser au repos et déterminer en chauffant lentement le point où la substance se rassemble en goutte liquide à la partie inférieure du réservoir.

CONSTANTES CHIMIQUES

INDICE D'IODE. — L'indice d'iode représente le nombre de grammes d'iode que peuvent fixer par addition 100 grammes de corps gras; le chiffre obtenu est fonction de la teneur en acides non-saturés et en même temps du nombre plus ou moins grand de liaisons éthyléniques que possèdent ces acides; il dépend aussi de la nature et de la proportion de l'insaponifiable. On donne le nom d'indice d'iode externe à la constante déterminée sur les

(1) *Pharm. Centralblatt*, 20, 132.

huiles ou graisses naturelles totales; l'indice d'iode interne ou absolu est le chiffre fourni par les acides non-saturés, séparés des acides saturés.

L'indice d'iode est une des caractéristiques dont l'importance est la plus considérable : c'est sur sa valeur qu'est basée la classification la plus usitée des corps gras : cette constante étant représentée par des chiffres très différents suivant les divers groupes de matières grasses permet de situer tout de suite approximativement un produit inconnu dans telle ou telle catégorie.

Au point de vue physiologique, la variation d'un indice d'iode donne immédiatement une indication sur les modifications que subit un corps gras, sur la disparition ou la conservation des acides non-saturés qui prennent part à sa constitution.

J'ai toujours utilisé la même méthode dans la détermination des indices d'iode; les chiffres obtenus sont donc rigoureusement comparables. J'ai appliqué le procédé de WIJS avec les détails suivants :

La mesure était faite sur un poids de substance voisin de 100 milligrammes; ce poids était augmenté quand un essai préliminaire avait démontré que l'indice d'iode était inférieur à 100; il était diminué dans le cas contraire. La matière à analyser était placée dans une fiole d'Erlenmeyer de 300 cm³ tarée, puis, après une nouvelle pesée, dissoute dans 5 cm³ de Tétrachlorure de carbone pur et sec. Un essai à blanc était fait en même temps. Chaque fiole recevait alors un volume rigoureusement égal — 20 cm³ en général — de liqueur de WIJS (préparée par la technique habituelle). Les fioles étaient bouchées et doucement agitées. Le tout était abandonné au repos dans l'obscurité, une demi-heure pour les indices d'iode faibles, une heure à une heure et demie pour les plus élevés. Au bout de ce temps, chaque fiole recevait 5 cm³ d'iodure de Potassium à 10 p. 100 et 50 cm³ d'eau. Le titrage était fait avec une solution décimale d'hyposulfite de soude et quelques gouttes d'empois d'amidon. La solution d'hyposulfite de soude avait été elle-même titrée au préalable à l'aide d'une solution étalon de Bichromate de potassium.

INDICE DE SAPONIFICATION (indice de KOETTSTORFER). — C'est le nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier entièrement 1 gramme de substance grasse.

Cette constante présente en général des écarts moins considérables que l'indice d'iode : on sait que dans beaucoup de cas elle oscille autour de 190. Ce n'est guère que dans le cas des cires ou des huiles contenant de grandes quantités d'insaponifiable que l'on voit ce chiffre descendre beaucoup plus bas (52,4 chez *Deania eglantina* d'après TSUJIMOTO). En revanche, on le voit monter considérablement dans le cas des beurres ou des huiles telles que celles de Dauphin, riches en acide valérianique (290).

Pour déterminer l'indice de saponification j'ai opéré sur 1 gr. 5 à 2 grammes de substance qui étaient pesés dans une fiole d'Erlenmeyer tarée. Dans cette fiole étaient introduits avec une pipette 25 cm³ de potasse alcoolique à 4 p. 100. Le même volume était placé dans une fiole témoin.

La fiole adaptée à un réfrigérant ascendant était chauffée pendant une demi-heure et au bout de ce temps son contenu était titré avec une solution d'acide chlorhydrique demi-normale. J'ai le plus souvent utilisé la phénol-phtaléine comme indicateur. Cependant, dans le cas des huiles très colorées où le virage était impossible à saisir avec précision, j'ai employé le bleu alcalin 6. B. qui donne un changement de teinte beaucoup plus perceptible.

ACIDITE. — La plupart des huiles et graisses d'insectes que j'ai étudiées étaient rigoureusement neutres. Quelques cas cependant faisaient exception. La graisse de cochenille étudiée par HUERRE présentait un indice d'acide considérable.

J'ai déterminé cette constante en dissolvant 5 grammes d'huile ou de graisse dans un mélange d'alcool et d'éther soigneusement neutralisé et en titrant ensuite à l'aide d'une solution alcoolique de potasse décimale, avec la phénol-phtaléine comme indicateur.

INSAPONIFIABLE. — J'ai dosé l'insaponifiable par voie humide selon la méthode de LEYS (1912). Ce procédé utilise une ampoule en pyrex à fond plat, munie d'un goulot qui peut s'adapter à un réfrigérant ascendant et d'un robinet rodé à l'autre

extrémité. J'ai opéré sur au moins 10 grammes de corps gras qui étaient pesés dans l'ampoule tarée, puis traités par 50 cm³ de benzine et 25 cm³ de potasse alcoolique à 10 p. 100. La saponification s'effectue en chauffant l'ampoule munie de son réfrigérant sur une plaque d'amiante; au bout d'une demi-heure d'ébullition elle est généralement terminée. On introduit alors 50 cm³ d'eau chaude, ce qui détermine la division du contenu de l'ampoule en deux couches : une couche inférieure aqueuse, légèrement trouble, contenant les savons et une couche supérieure benzénique, limpide, contenant l'insaponifiable; les savons sont recueillis séparément par décantation quand la ligne de séparation est bien établie. La couche benzénique restée dans l'ampoule est lavée avec 50 cm³ d'eau chaude; la partie aqueuse est ajoutée à la solution de savons précédente. La solution benzénique d'insaponifiable est recueillie dans une capsule tarée; elle est évaporée jusqu'à poids constant et le résidu pesé.

J'ai obtenu par ce procédé des substances insaponifiables généralement solides ou de consistance pâteuse, colorées en jaune, en rouge ou en orangé.

BROMURES INSOLUBLES DANS L'ETHER. — La façon dont se comportent les huiles vis à vis du Brome donne des indications très intéressantes qui permettent de les classer en divers groupes. Sur toutes les huiles le Brome réagit en donnant des produits d'addition sur les liaisons éthyléniques : l'acide oléique est transformé en acide dibromostéarique, l'acide linoléique en tetra et l'acide linolénique en hexabromostéarique.

La bromuration effectuée en solution éthérée donne naissance quand l'acide linolénique ou d'autres acides encore moins saturés sont présents à un précipité de glycérides hexa ou decabromés insolubles. Cette réaction peut être réalisée sous forme quantitative; j'ai utilisé la technique de HEHNER et MITCHELL. (1)

1 à 2 grammes d'huile sont pesés dans une fiole et dissous dans 40 cm³ d'éther additionnés d'acide acétique; la solution est refroidie à 0° et traitée par le Brome goutte à goutte jusqu'à

(1) *The analyst*, 1898. 313.

coloration brune persistante. Après 3 heures de repos à 0°, le précipité, s'il y en a un, est recueilli sur un creuset de GOOCH taré et lavé avec 40 cm³ d'éther glacé, puis séché et pesé.

Certaines huiles n'ont donné dans ces conditions aucun précipité et sont demeurées parfaitement limpides plusieurs heures après l'addition de Brome. Ce sont celles dont les indices d'iode sont peu élevés et d'une façon générale inférieurs à 100 (*Ergates faber* L., *Pyrausta nubilalis* Hübn.) D'autres huiles ont fourni un précipité plus ou moins abondant (*Saturnia Pernyi* Guer. *Pieris brassicae* L.). Je donne plus loin avec l'étude spéciale de chacun de ces produits les divers chiffres obtenus. L'acide linoléique a pu être caractérisé par le point de fusion et la teneur en brome de son dérivé hexabromé.

INDICES DE REICHERT-MEISSL ET DE POLENSKE. —

La détermination de ces indices n'est vraiment intéressante que dans un petit nombre de cas, lorsque l'indice de saponification est très élevé (Beurres d'Aphidiens par exemple).

5 grammes de corps gras sont pesés dans un ballon à fond plat de 300 cm³. On ajoute 20 cm³ de solution de soude à 50 p. 100 dans la glycérine et on chauffe doucement en agitant jusqu'à ce que le liquide devienne parfaitement clair; la saponification est alors terminée. Il faut ensuite ajouter 100 cm³ d'eau distillée bouillante et agiter jusqu'à dissolution. 40 cm³ d'acide sulfurique normal et quelques fragments de pierre ponce sont introduits dans le ballon qui est adapté au réfrigérant. Ce réfrigérant doit avoir des dimensions déterminées et la distillation doit être menée assez rapidement de manière que 110 cm³ distillent en 20 minutes environ. Le liquide distillé est filtré et 100 cm³ sont titrés avec de la soude décijnormale. On obtient ainsi un chiffre qui est fonction de la teneur du corps gras en acides volatils solubles. Ce chiffre est égal au nombre de centimètres cubes de soude employés multiplié par 1,1 (pour tenir compte des 110 cm³ distillés).

L'indice de POLENSKE mesure la proportion d'acides volatils insolubles fournis par 5 grammes de corps gras après distillation d'une durée déterminée et dans des appareils de dimensions bien définies.

POIDS MOLECULAIRE MOYEN DES ACIDES GRAS INSOLUBLES. — Cette importante caractéristique a été déterminée sur les acides gras libérés des savons par l'acide sulfurique dilué et lavés un grand nombre de fois à l'eau distillée jusqu'à neutralité des eaux de lavage.

5 à 6 grammes d'acides gras sont pesés dans une fiole d'Erlenmeyer et dissous dans 50 cm³ d'alcool soigneusement neutralisé, puis titrés avec une solution demi-normale de potasse aqueuse en utilisant la phénol-phtaléine comme indicateur. Il est facile de calculer le poids moléculaire $M = \frac{56}{x}$, x étant le nombre de grammes de potasse nécessaire pour neutraliser 1 gramme d'acides gras (indice de neutralisation).

Les autres détails techniques que j'ai mis en pratique seront précisés plus loin à l'occasion de chaque cas particulier.

DIFFICULTES DE L'ETUDE BIOCHIMIQUE DES GRAISSES D'INSECTES. — La première et la plus grande difficulté rencontrée au cours de ces recherches était d'obtenir des matériaux d'études en quantité suffisante : plusieurs centaines de grammes d'une même espèce. Il fallait donc s'adresser à des types qui soit en raison de leur grande taille (*Ergates faber* L.), soit en raison du nombre immense d'individus utilisables (*Pemphigus utricularius* Pass.) permettaient d'extraire une quantité de corps gras suffisante pour les analyses. Dans certains cas la richesse prodigieuse en huile a permis d'obtenir de bons résultats avec un poids initial assez faible (*Balaninus elephas* p. ex.).

Une autre difficulté s'appliquant plus spécialement aux larves et surtout aux larves des colonies résidait dans la détermination (1) parfois fort difficile et nécessitant un élevage.

Enfin, l'époque limitée de l'année où certains insectes peuvent être recueillis rendait plus difficile leur étude en obligeant à renvoyer à l'année suivante les recherches qui n'avaient pu être achevées.

(1) Je remercie particulièrement MM. J. DE JOANNIS, H. CAILLOL et P. VAYSSIÈRE qui ont bien voulu me faire profiter de leur expérience pour quelques cas épineux.

CHAPITRE II

Huiles et graisses de Coléoptères

Les Coléoptères m'ont fourni des corps gras de types variés. Beaucoup d'espèces renferment des huiles à indices d'iode moyens, représentant assez bien ce que l'on a appelé « huiles d'animaux terrestres » (*Ergates faber* L., *Cebren gigas* F., *Balaninus elephas* Gyll.) Quelques autres donnent des produits concrets à indices d'iode plus faibles (*Rhynchaphorus palmarius* L.). Il en est enfin qui mettent en réserve des huiles ou des graisses demissiccatives contenant de l'acide linoléique (*Cathispidoma atra* Ol., *Galerucella luteola* Müll.).

HUILE D'ERGATES FABER L.

Famille : *Cerambycidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce grand Longicorne, qui est le « *Immermann* » des Allemands, vit à l'état larvaire dans les souches et les troncs de pins morts (*Pinus halepensis* Mill.). BREHM prétend qu'il n'est commun nulle part; il est au contraire d'une grande abondance en Provence, particulièrement dans les bois de pins de la région littorale dévastés par les incendies; il s'attaque de préférence aux arbres morts récemment. Les forêts des Maures et de l'Estérel ont été très maltraitées ces dernières années par la larve d'*Ergates faber*. J'ai pu sans trop de peine en réunir plus de 600 grammes.

Les larves au terme de leur croissance se présentent comme de gros cylindres d'un blanc satiné, ornés de bourrelets transversaux assez saillants. J'en ai vu qui atteignaient un poids de 11 grammes et une longueur de 85 millimètres. La durée de leur vie dans le bois doit être d'au moins trois années à en juger par les divers stades que j'ai observés.

A la dissection on trouve un tube digestif énorme, bourré de

débris ligneux et entouré par le corps adipeux central. Le corps adipeux sous-cutané est également très développé.

DONNÉES ANALYTIQUES. — La larve d'*Ergates faber* L. m'a fourni par épuisement à l'éther 13 p. 100 d'huile. C'est un liquide jaune pâle, inodore, parfaitement limpide. Ses caractéristiques sont les suivantes :

Densité	0.9186 à 16°
Indice de réfraction.....	1.4692 à 13°5 (observé)
	1.4686 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	68.5
— d'acide	Néant.
— de saponification.....	194.0
Insaponifiable	0.75 p. 100
Indice de REICHERT-MEISSL.....	0.24
Bromures insolubles dans l'éther....	Néant.

Cette huile peut être considérée comme tout à fait conforme aux types groupés sous le nom d'« huiles d'animaux terrestres ». La valeur très faible atteinte par l'indice de REICHERT-MEISSL. montre qu'elle ne renferme qu'une proportion insignifiante d'acides gras volatils. Sa solution éthérée refroidie à 0° et traitée par le brome ne donne aucun précipité et demeure parfaitement limpide, ce qui établit l'absence d'acide linoléique.

La teneur en Phosphore m'a paru digne d'être recherchée : un dosage de P² 0³ pratiqué au laboratoire national des matières grasses a donné *moins d'un dix millième*. On peut donc affirmer que cette huile ne renferme qu'une trace extrêmement minime de Lécithine ou d'une façon générale de Phosphatides.

Les acides gras insolubles sont blancs, solides à la température ordinaire; ils m'ont donné :

Point de fusion.....	35°
Poids moléculaire moyen.....	284.6
Indice de neutralisation.....	196.7
Indice d'iode.....	70.4

J'ai séparé les acides saturés des acides non-saturés par la méthode aux sels de plomb; les acides liquides ainsi obtenus avaient l'indice d'iode 97,2. Ils renferment donc des acides moins saturés que l'acide oléique. Il est facile de calculer par le rap-

port des indices d'iode externe et interne que l'huile d'*Ergates faber* L. contient 73,9 p. 100 d'acides liquides, soit environ trois quarts d'acides non-saturés pour un quart d'acides saturés.

Si l'on cherche un terme de comparaison avec les huiles déjà connues on ne peut être que frappé de la ressemblance, presque de l'identité, avec les constantes de l'huile de pieds de bœuf : LEWKOWITSCH donne en effet pour cette huile :

Indice de saponification.....	194,3
— d'iode	69,3

Si l'on compare ces chiffres avec ceux que j'ai obtenus, on conviendra que l'analogie pourrait difficilement être plus accusée. Les ressemblances sont presque aussi grandes avec les autres huiles du même groupe (huiles de pieds de mouton et de pieds de cheval) ; elles sont moins nettes dans le cas de l'huile de jaune d'œuf.

Je considère l'huile d'*Ergates faber* L. comme un produit synthétique élaboré par ce Coléoptère aux dépens des polysaccharides complexes qu'il trouve dans sa ration alimentaire.

HUILE DE *CERAMBYX SCOPOLII* FUSSL.

(= *C. cerdo* Scop. = *piceus* Fourcr.)

Famille : *Cerambycidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce Cérambycide est commun au printemps sur les fleurs d'aubépine, de spirée, de sureau et sur les arbres fruitiers (poiriers en particulier) ; la larve ravage l'écorce et l'aubier de beaucoup d'espèces ligneuses à l'exception des conifères : hêtre, chataignier, orme, pommier, poirier, cerisier, etc.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Ce sont les insectes à l'état parfait que j'ai étudiés. 86 individus pesant 26 grammes ont été épuisés à l'éther. J'en ai ainsi retiré 2 gr. 22 (soit 8,5 p. 100) d'une huile très visqueuse, presque pâteuse, jaune pâle et inodore. Ce rendement est élevé si l'on tient compte de la proportion considérable de chitine que renferme l'insecte.

Cette huile est caractérisée comme il suit :

Indice d'iode.....	80.7
— de saponification.....	186.9
Indice d'iode des acides gras insolubles.....	85.4
Point de fusion — —	32°6

L'huile de *Cerambyx Scopoli* Fussl. est donc du même type que celle des autres coléoptères xylophages.

HUILE DE *RHAGIUM INQUISITOR* L.

(Syn. *indagator* F. = *lineatum* Oliv. = *investigator* Muls.)

Famille : *Cerambycidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La larve de *R. inquisitor* creuse de larges galeries à la partie profonde de l'écorce des pins (*Pinus halepensis* Mill.) et de divers autres résineux; elle confectionne pour la nymphose une sorte de niche à l'aide des débris ligneux. Elle attaque surtout selon H. CAILLOL, les arbres morts ou dépérissants.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Cette larve m'a donné 7 p. 100 d'huile liquide presque incolore :

Indice de réfraction.....	1.4669 à 17° (observé)
	1.4676 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	80.5

C'est une huile très voisine de la précédente.

HUILE D'*EURYTHYREA MARGINATA* OLIV.

(Syn. *micans* F.)

Famille : *Buprestidae*

Ce Buprestide habite à l'état larvaire les troncs et les souches de peuplier, particulièrement de *Populus alba* L. dans lequel je l'ai recueilli.

Il m'a donné par épuisement à l'éther 12,2 p. 100 d'huile, limpide, incolore et inodore. J'ai pu seulement, par suite de la rareté du produit déterminer l'indice d'iode 66,2.

HUILE DE *TENEBRIO MOLITOR* L.

Famille : *Tenebrionidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce coléoptère bien connu sous le nom de « ver de farine » peut être recueilli en abondance : j'ai réussi à en avoir plusieurs milliers.

La larve au voisinage du terme de sa croissance pèse en moyenne 0 gr. 16. Son alimentation consiste en farine, son et résidus des moulins; elle est voisine de la composition suivante :

Glucides	72 p. 100
Protides	11 —
Lipides	1 —

Ce bilan nutritif permet de penser qu'une grande partie au moins de l'huile de *Tenebrio molitor* L. doit être une huile synthétique formée vraisemblablement aux dépens des glucides.

Les expériences de M. KOLLMANN (1909) ont montré que sous l'influence de l'inanition prolongée les inclusions des cellules adipeuses diminuent de dimensions et tendent à disparaître; mais cette réduction porte surtout sur les granulations albuminoïdes, beaucoup plus que sur les gouttelettes d'huile.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Ces larves m'ont fourni par épuisement à l'éther 14,5 p. 100 d'huile, soit en moyenne 0 gr. 02 par larve. C'est un liquide jaune, limpide, qui a les caractéristiques suivantes :

Densité	0.9238 à 15°
Indice de réfraction.....	1.4732 à 11° (observé) 1.4717 à 15° (calculé)
Indice d'iode....	86 (minimum) à 92.8 (maximum)
— de saponification....	195.8
Insaponifiable	1.19 p. 100

Les acides gras insolubles sont incolores, peu solides; ils ont les constantes que voici :

Point de fusion.....	23°2
Indice de neutralisation.....	200.2
Poids moléculaire moyen.....	279.7
Indice d'iode.....	99.2

Par la méthode de VARRENTRAPP j'ai séparé les acides solides et liquides; j'ai trouvé la proportion suivante :

Acides saturés.....	13 p. 100 (de l'huile)
— liquides	82 — —

Les acides solides fondaient après la première opération à 52°, mais ce point de fusion s'est élevé notablement par plusieurs re-cristallisations successives.

Cette huile de *Tenebrio molitor* occupe par son indice d'iode une position intermédiaire entre les huiles de larves xylophages et celles de Chrysomélides. Il y a lieu de faire au point de vue de son origine les remarques suivantes : la farine de froment contient environ 1 p. 100 d'une huile qui d'après SPEATH (1896) et PLUCKER (1907) a les caractéristiques suivantes :

Densité à 15°.....	0.9068 (SPEATH)
Indice de réfraction.....	1.4851 (PLÜCKER)
— d'iode 101.5 (SPEATH) à..	112.5 (PLÜCKER)
— de saponification.....	182.8 (SPEATH)

Il est tout naturel de supposer que cette huile de farine de froment est directement assimilée et mise en réserve par la larve de *Tenebrio molitor* L.; on voit d'autre part que son indice d'iode est notablement plus élevé et son indice de saponification plus faible que ceux de l'huile de *Tenebrio molitor*. Ces faits autorisent à penser qu'une partie importante de l'huile de ce coléoptère a une origine synthétique.

Il semble donc qu'il faille attribuer une double origine à l'huile de *Tenebrio molitor* :

1° accumulation alimentaire directe de l'huile de farine de froment;

2° synthèse aux dépens des autres fractions alimentaires, vraisemblablement des glucides qui existent en forte proportion dans la ration.

HUILE DE BRUCHES DES HARICOTS

Laria irresecta Fabr. = *Acanthoscelides obtectus* Say.

Famille : *Lariidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cette Bruche se multiplie avec une prodigieuse activité en ravageant les haricots secs. La jeune larve perce l'enveloppe tégumentaire et pénètre à l'intérieur où elle se développe rapidement grâce au milieu nutritif qu'elle exploite. Plusieurs générations se succèdent ainsi dans l'année. Les haricots verts ne sont pas attaqués : ce coléoptère est moins un ravageur des cultures que des entrepôts de légumes secs.

La larve est un organisme vermiforme, d'un blanc neigeux, très riche en corps gras. Son alimentation a la composition suivante :

Eau	12,6
Protides	23,12
Lipides	2,28
Glucides	53,6
Divers	3,84
Cendres	3,53

On voit qu'à côté d'une proportion importante de protides se trouvent beaucoup de glucides et très peu de graisse. Il est donc logique de penser que l'huile mise en réserve par la Bruche des haricots est un produit d'origine synthétique, au moins pour la plus grande partie et élaboré aux dépens des glucides.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Les larves de Bruches des haricots m'ont donné par épuisement à l'éther de pétrole un rendement très élevé atteignant 23,6 p. 100. Le produit est une huile jaune, très visqueuse, déposant après un long repos, faiblement odorante.

Indice d'iode.....	78,8
— de saponification.....	197,4

Cette huile présente les plus grandes analogies, soit comme abondance, soit comme composition avec celle de *Balaninus elephas* Gyll. que je vais décrire.

HUILE DE *BALANINUS ELEPHAS* GYLL.

Famille : *Curculionidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La larve de ce charançon vit dans les glands de chêne vert (*Quercus ilex* L.) ; elle est très commune dans le midi de la France et fort nuisible au point de vue forestier en entravant la reproduction des arbres ; elle vit également dans la châtaigne en compagnie du Lépidoptère *Carpocapsa splendana* Hb.

L'évolution se poursuit pendant la fin de l'été et le début de l'automne ; vers les derniers jours d'octobre, la larve quitte le gland de chêne pour s'enfoncer en terre où elle passe l'hiver ; à cette époque elle est au terme de sa croissance et pèse en moyenne 0 gr. 03.

J'ai pu rassembler une quantité assez considérable de larves (environ 547) en recueillant un grand nombre de glands de chêne vert parasités d'où elles émergeaient par bandes. Elles ont l'aspect de fuseaux renflés, gorgés de graisse.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Ces larves sont en effet prodigieusement riches en corps gras : elles m'ont fourni par extraction à l'éther 28 p. 100 d'une huile jaune pâle, presque inodore, que j'ai pu caractériser comme il suit :

Densité.....	0.9176 à 11°8 (par la méthode de la goutte en suspension).
Indice de réfraction.....	1.4697 à 13° (observé) 1.46894 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	77.2
— de saponification.....	195.5

Constantes des acides gras insolubles :

Indice de neutralisation.....	201.6
Poids moléculaire moyen.....	277.7
Point de fusion.....	36°5

Je considère *Balaninus elephas* Gyll. comme un bon type de larve amylophage. Sa teneur en huile atteint une valeur considérable. Il est curieux de constater que les glands qu'elle ex-

ploite constituent précisément un aliment de choix pour l'engraissement des porcs. Il semble bien que les deux organismes, pourtant si différents tirent un parti analogue de matériaux identiques.

GRAISSE DE *RHYNCHOPHORUS PALMARUM* L.

(vers palmistes)

Famille : *Curculionidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Enorme Curculionide des régions tropicales. La larve peut dépasser le poids de 12 grammes; elle vit dans le tronc des palmiers où elle creuse de gigantesques galeries. Son alimentation, comme celle des xylophages en général consiste surtout en polysaccharides, cellulose, pentosanes, etc. Les individus que j'ai étudiés venaient du Pérou. L'espèce est fréquente aussi au Brésil et à la Guyane.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai opéré sur 9 larves qui avaient été conservées dans l'eau formolée à 3 p. 100 et qui pesaient 85 grammes. J'en ai extrait par l'éther de pétrole une graisse très légèrement colorée en jaune crème. La proportion atteint 22,3 p. 100, chiffre très élevé. Cette graisse fond à 32°. Elle m'a donné les constantes suivantes :

Indice d'iode.....	39,8
— de saponification.....	212,3

La valeur de l'indice d'iode est remarquablement faible et notablement inférieure à celles que m'ont fournies les xylophages indigènes.

J'ai isolé par la méthode habituelle les acides gras insolubles :

Point de fusion.....	48°3
Indice d'iode.....	40,2
— de neutralisation.....	205,7
Poids moléculaire moyen.....	272,2

On remarquera le point de fusion extrêmement élevé.

J'ai ensuite traité les sels de plomb de ces acides par l'éther. Les acides liquides ainsi isolés avaient l'indice d'iode 98,3, ce qui

permet de calculer la présence de 40,5 p. 100 d'acides saturés et 55,5 p. 100 d'acides non-saturés.

Il est intéressant de constater que la teneur en acides saturés est importante, très notablement supérieure à celle que fournissent les xylophages de nos pays. Peut-être faut-il voir dans ce fait l'influence de la température tropicale ? (voir 3^e partie).

Les acides liquides contiennent des acides moins saturés que l'acide oléique : leur indice d'iode est en effet supérieur à celui de l'acide oléique pur.

HUILE DE *CEBRIO GIGAS* F.

(= *C. longicornis* Ol. = *Latreillei* Leach.)

Famille : *Cebrionidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce Cébrionide constitue à l'état larvaire un ravageur des cultures des plus nuisibles. Il est, d'après H. CAILLOL, aussi redoutable en certains points de la Provence que les chenilles de Noctuelles et les Courtilières. Il se nourrit particulièrement de racines ou de rhizomes, dévorant les carottes, les navets, les pommes de terre, etc. Les échantillons que j'ai utilisés avaient été recueillis dans un champ de pommes de terre. On peut donc les considérer — au moins dans ce cas particulier — comme des larves amylophages et il y a lieu de penser que leur huile est directement synthétisée à partir des glucides alimentaires. Les larves sont cylindriques; celles que j'ai étudiées pesaient en moyenne 0 gr. 118.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 237 larves de *Cebriogigus* F. pesant 27 grammes ont été épuisées à l'éther. J'ai isolé 4 gr. 00 d'une huile parfaitement limpide, ne déposant pas, soit 14,8 p. 100. J'ai obtenu :

Indice de réfraction.....	1.4646 à 17° (observé)
	1.4653 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	80.8
— de saponification.....	192.9

L'indice d'iode permet de rapprocher cette huile de celles de *Pyrausta nubilalis* Hübn. et de *Cossus ligniperda* F. Toutefois,

l'indice de saponification est moins élevé que dans la première de ces huiles, ce qui permet de penser qu'elle ne contient pas ou du moins pas autant d'acide palmitoléique.

GRAISSE DE *GALERUCELLA LUTEOLA* MULL.

Galérucelle de l'Orme

(Syn. *G. xanthomelana* Schrank. = *G. calmariensis* Fabr.

Famille : *Chrysomelidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Les données que l'on possède sur la biologie de la Galéruque de l'Orme sont dues à VALÉRY-MAYET (1906), à RILEY, à MÉNÉGAUX, à POYARKOFF (1910). Ce Chrysomélide constitue souvent un fléau pour les sylviculteurs : j'ai eu l'occasion d'observer dans le midi de la France de très grandes étendues où les Ormes avaient été entièrement dépouillés de leur feuillage.

La ponte de la Galérucelle a lieu en fin avril ou les premiers jours de mai; les larves très voraces dévorent le parenchyme foliaire en respectant les nervures; arrivées au terme de leur croissance (8 à 10^{mm}) elles se laissent tomber à terre où elles se transforment. L'imago s'observe en grand nombre sur les feuilles d'Orme. A l'approche de la saison froide, cet insecte cherche un abri et dans ce but pénètre souvent dans les habitations. L'hivernage se passe à l'état d'imago.

VALÉRY-MAYET pense que la Galérucelle a deux générations par an dans le midi de la France : l'une en mai-juin, l'autre en août-septembre. RILEY en admet trois à Washington, MÉNÉGAUX une seule en France. POYARKOFF a observé deux générations par an à Bordeaux. C'est aussi ce que j'ai constaté en Provence.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Les Galérucelles que j'ai étudiées étaient à l'état d'imagos et se préparaient à hiberner. Elles ont été recueillies en novembre sous l'écorce d'arbres morts (*Pinus halepensis* Mill.) où elles s'étaient réfugiées en grand nombre.

Ces insectes broyés et épuisés à l'éther m'ont fourni 7,03 p. 100 d'une graisse mi-solide, butyreuse, d'une belle couleur jaune d'or. La quantité assez minime de produit dont je dis-

posais m'a permis de déterminer seulement les constantes suivantes :

Indice de réfraction.....	1.4767 à 12° (observé)
	1.4756 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	118.2

Ces chiffres suffisent à établir qu'il s'agit d'une graisse demi-siccative tout à fait comparable à celle de *Colaspidema atra* Ol.

GRAISSE DE *COLASPIDEMA ATRA* OLIVIER

(= *barbarum* F. = *maculicolle* Lef.)

Négril de la luzerne

Famille : *Chrysomelidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce Chrysomélide est un redoutable destructeur de la luzerne. Dans le midi de la France, spécialement dans le Sud-Ouest, les dégâts qu'il cause sont innombrables; il n'est d'ailleurs pas cantonné exclusivement sur la luzerne, bien que ce soit son habitat le plus commun : on le trouve encore sur d'autres Papilionacées et notamment sur le Mélilot.

L'extension de ce Coléoptère est assez vaste : l'Espagne, l'Italie, l'Afrique du nord (d'où le nom de *barbarum* donné par FABRICIUS) ont particulièrement à souffrir de sa présence.

L'imago hiverne sous terre, caché dans la loge où s'est accomplie sa métamorphose; il en sort au printemps, le plus souvent vers le milieu d'avril. L'accouplement a lieu au début de mai et la première ponte suit bientôt. Les œufs déposés sur les feuilles de luzerne donnent naissance à une larve dont la couleur d'abord jaunâtre ne tarde pas à foncer. Environ un mois après sa naissance, la larve qui s'est alimentée très activement et qui a atteint le terme de sa croissance s'enfonce dans le sol où elle se prépare une loge pour la métamorphose. L'imago éclot en août, mais reste sous terre jusqu'au printemps suivant.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai eu à ma disposition un très grand nombre de larves de *Colaspidema atra* Ol. recueillies vers la fin du mois de mai aux environs de Toulouse. La récolte avait été conservée dans l'eau formolée à 3 p. 100.

L'alimentation de ces larves avait consisté uniquement en feuilles de Luzerne.

Par extraction à l'éther j'en ai retiré une graisse de consistance pâteuse, fortement colorée en vert par des dérivés de la Chlorophylle et douée d'une odeur herbacée assez spéciale. Le rendement atteint 3,9 p. 100.

Les caractéristiques de ce produit sont :

Point de fusion.....	27°6
Indice d'iode.....	113.4
— de saponification.....	189.3
Insaponifiable	3.5 p. 100
Bromures insolubles dans l'éther.....	6.3 —

L'insaponifiable est une substance fortement colorée en rouge-orangé, partiellement soluble dans l'alcool.

ETUDE DES ACIDES GRAS. — Les acides gras insolubles isolés après élimination de l'insaponifiable sont fortement colorés en vert; ils sont solides à la température ordinaire :

Point de fusion.....	33°7
Indice d'iode.....	123.2
— de neutralisation.....	191.8
Poids moléculaire moyen.....	292.2

La couleur verte très intense rend difficile l'appréciation du virage des indicateurs; j'ai utilisé ici au lieu de la phénol-phtaléine le bleu alcalin.

J'ai séparé les acides liquides par la méthode aux sels de plomb de TORTELLI et RUGGERI; les acides ainsi obtenus avaient l'indice d'iode 165,5, ce qui permet de calculer que les acides insolubles totaux sont constitués par 74,4 p. 100 d'acides liquides et 25,6 d'acides saturés.

Parmi les acides liquides, j'ai caractérisé l'acide linoléique : les acides en solution dans l'éther ont été traités par le Brome, goutte à goutte, jusqu'à coloration brune persistante; la réaction dégageait une vive chaleur et nécessitait le refroidissement du ballon dans la glace pilée. Dans ces conditions a pris naissance un précipité cristallin assez abondant qui a été recueilli sur un filtre, lavé à l'éther glacé et à l'acide acétique. Ce précipité est insoluble dans l'éther de pétrole. Il a été purifié par recristalli-

sation dans le benzène, dans lequel il est soluble à chaud. J'ai ainsi isolé un acide hexabromostéarique (voir les microphotographies), produit d'addition du Brome à l'acide linoléique ($C^{18}H^{30}O^2Br^6$). Voici les chiffres fournis par ce composé en regard des chiffres théoriques :

Brome pour 100.....	62.9 (trouvé)	62.3 (calculé pour $C^{18}H^{30}O^2Br^6$)
Point de fusion.....	178,5 (observé)	177-180 (LEWKOWITSCH)

GRAISSE ET HUILE DE DORYPHORA

Leptinotarsa decemlineata Say.

Famille : *Chrysomelidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — C'est en juin 1922 que le *Doryphora* a fait en France son apparition. Sa biologie est bien connue grâce aux travaux de FEYTAUD et de ses élèves qui ont lutté contre ce fléau avec la plus grande activité. L'abondance avec laquelle il est possible de recueillir ce Coléoptère m'a permis de disposer de matériaux d'étude en quantité assez importante.

Le *Doryphora* est comme l'on sait un spécialiste des Solanées; en dehors de la pomme de terre à laquelle il n'est que trop fidèle on l'a observé accidentellement sur diverses autres espèces du genre *Solanum*, sur le *Datura*, la *Belladone*, la *Jusquiame*, le *Tabac*, etc. Ce sont les feuilles qu'il dévore avec une voracité remarquable depuis le moment où elles commencent à verdier. Larves et imagos sont également nuisibles.

Les individus que j'ai étudiés avaient été recueillis en août à la Grande-Bastide (Gironde). Le poids moyen de la larve est de 0 gr. 07. J. J. BOUNHIOL à qui l'on doit (1927) une étude anatomique de la larve de *Doryphora* a signalé un tissu adipeux assez abondant.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 1^o *Larves*. — J'ai obtenu en épuisant à l'éther 100 grammes de larves de *Doryphoras* 3 p. 100 d'une graisse de consistance butyreuse et de couleur rouge-orangé.

Indice d'iode.....	121.9
— de saponification..	192.6
Insaponifiable	9,8 p. 100 (Approximativement à cause du poids trop faible).

2° *Imagos*. — Les Doryphoras à l'état parfait épuisés de la même façon à l'éther m'ont fourni 13,48 p. 100 d'une huile rougeâtre, douée d'une odeur herbacée caractéristique. Ce rendement est remarquablement élevé pour des imagos, surtout si l'on tient compte de la chitine qui constitue une partie importante du poids total. Il est très supérieur à celui de la larve. Ce fait doit être en relation avec la très grande voracité des imagos qui s'alimentent très activement. Il permet de penser que l'huile imaginale de Doryphoras est en grande partie une huile de néoformation et non une huile résiduelle comme c'est le cas chez beaucoup d'insectes parfaits (*Pyrausta nubilalis* Hübn. par exemple).

Les propriétés physiques et chimiques de cette huile sont les suivantes :

Densité	0,9152 à 21°2
Indice de réfraction.....	1,471 à 17° (observé)
	1,4718 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	108,6
— de saponification....	188,2
Insaponifiable	5,9 p. 100
Bromures insolubles dans l'éther	3,1 p. 100

On remarquera le pourcentage élevé en insaponifiable. C'est un produit solide, coloré d'une façon intense en rouge-orangé. Il se dissout en grande partie dans l'alcool chaud et dépose par refroidissement une fraction cristallisée (Cholestérol ?)

ETUDE DES ACIDES GRAS DE L'HUILE IMAGINALE. — Les acides gras insolubles obtenus après élimination de l'insaponifiable sont fortement colorés en vert; ils sont solides à la température ordinaire :

Point de fusion.....	31°8
Indice d'iode.....	116,3
— de neutralisation.....	200,7
Poids moléculaire moyen.....	279,0

Les sels de plomb traités par le procédé TORTELLI et RUGGERI m'ont fourni des acides liquides colorés en jaune verdâtre et dont l'indice d'iode atteignait 149,9. Ce chiffre permet de cal-

culer la proportion d'acides non saturés contenus dans l'huile :

$$\frac{108,6}{149,9} \times 100 = 72,4 \text{ p. } 100$$

Les acides liquides traités par la méthode d'oxydation de HAZURA m'ont permis de caractériser l'acide oléique par son produit d'oxydation, l'acide dioxystéarique. Les cristaux que j'ai obtenus fondaient à 129°5.

La présence d'acide linoléique peut être considérée comme extrêmement probable en raison des bromures insolubles dans l'éther que j'ai obtenus.

Cette huile renferme environ 22 p. 100 d'acides saturés. La fraction que j'ai obtenue en décomposant les sels de plomb insolubles dans l'éther fondait à 54°2.

HUILE DE VER LUISANT (*LAMPYRIS* ?)

Ce Coléoptère étudié par TSUJIMOTO (1929) n'est pas désigné sous son nom systématique (*Leuchtkäfer* dans *Chemische Umschau*). L'auteur japonais déclare qu'il a été amené à examiner cette espèce au point de vue de la biochimie des graisses à la suite de l'hypothèse des Zoologistes selon laquelle la lumière résulterait de l'oxydation de l'huile.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 160 vers luisants ont fourni par l'éther au Soxhlet 0 gr. 8073 d'huile, ce qui représente une teneur de 4,8 p. 100. Cette huile est d'une couleur jaune-orangé. Son indice d'iode est de 116.

Les acides gras sont colorés en jaune et cristallisés en fines aiguilles; leur odeur rappelle celle de la lanoline.

Point de fusion.....	36°
Indice de neutralisation.....	179.2
— d'iode	110.7
Bromures insolubles.....	17.9 p. 100

Les bromures contenaient 67,68 p. 100 de Brome, correspondant à la formule $C^{20}H^{32}O^2Br^8$.

L'insaponifiable est une masse jaunâtre, cristallisée, soluble dans l'alcool méthylique.

TSUJIMOTO a pu obtenir séparément une huile de tête, une huile de thorax et une huile d'abdomen. Cette dernière contient des acides fortement non-saturés.

HUILE D'*HELIOTAURUS MENTICORNIS* REITT.

Famille : *Cistelidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce Coléoptère est très abondant au printemps dans l'Afrique du Nord; j'en ai reçu un lot important provenant des environs de Mascara (Algérie); les imagos se capturent avec facilité sur les inflorescences de crucifères sur lesquelles on les trouve en grand nombre, principalement sur les Ravenelles.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai pu disposer de 39 grammes de ces insectes à l'état parfait (♂ et ♀ mélangés). Leur poids moyen est de 0 gr. 053. Les analyses ont donc porté sur 735 individus environ. Leur conservation et leur expédition avaient été faites dans l'alcool à 70°. Après broyage et épuisement à l'éther, j'en ai retiré 2 gr. 34 soit 6 p. 100 d'une huile jaune-verdâtre. J'ai déterminé les constantes suivantes :

Indice de réfraction.....	1.4699 à 20° (observé)
	1.4718 à 15° (calculé)
Indice d'iode.....	104.4
— de saponification.....	166.4
Insaponifiable	12.5 p. 100
	(approximativement à cause du poids insuffisant).
Point de fusion des acides gras insolubles....	29°5

Ces chiffres appellent quelques remarques :

Le rendement de 6 p. 100 est assez élevé pour des imagos. Le produit obtenu est une huile demi-siccative comparable à celle du *Doryphora*. L'indice d'iode (104) est en effet voisin de celui de ce *Chrysomélide* (108,6).

L'indice de saponification est faible : ce fait doit être en relation avec la quantité assez élevée de substances insaponifiables; il pourrait aussi être la conséquence du poids moléculaire élevé des acides gras, mais le peu d'huile dont je disposais ne m'a pas

permis de procéder à cette dernière détermination. Il serait intéressant de rechercher si ces insectes vivant sur les Crucifères ne renferment pas des acides du type érucique.

GRAISSE DE CANTHARIDES

Lytta vesicatoria L.

Famille : *Meloidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Répandues surtout en Europe méridionale et particulièrement en Espagne, les Cantharides se montrent parfois en nombre considérable; TASCHENBERG rapporte qu'à Naumburg il en a observé en juin 1850 des masses colossales.

Leur alimentation la plus ordinaire est fournie par le feuillage du frêne, mais à défaut de cet arbre elles dévorent aussi le lilas, le troëne et même le *Thalictrum*.

Leur récolte en vue des usages pharmaceutiques s'effectue en secouant les branches sur lesquelles elles sont posées; on les fait ainsi tomber sur des toiles étendues sous l'arbre. On opère généralement le matin de bonne heure, pendant que les insectes sont encore engourdis par le froid. On les sèche ensuite sur des claies ou au four.

La graisse de Cantharides a été étudiée à l'occasion de son isolement comme sous-produit dans la préparation de la Cantharidine. On doit sa connaissance aux travaux de GOSSMANN (1853 et 1854).

DONNÉES ANALYTIQUES. — La graisse extraite à l'éther a une consistance butyreuse et une odeur piquante de Cantharidine; elle est fortement colorée en vert, ce qui est dû évidemment à la chlorophylle contenue dans le tube digestif des insectes.

Le point de fusion de la graisse de Cantharides est 34° et le point de solidification 32° (déterminés par la méthode de POHL au bain d'eau). Sa réaction est nettement acide; cette propriété n'est pas due à une hydrolyse partielle : si on la lave avec de l'eau distillée, l'eau de lavage est dépourvue de glycérine. GOSSMANN pense donc que la graisse de Cantharides contient des acides libres.

Cet auteur n'a pu malheureusement déterminer les indices de saponification et d'iode du produit qu'il a étudié. Il a séparé des acides volatils et des acides insolubles; les premiers ont été obtenus en traitant la solution de savon par l'acide sulfurique étendu et en distillant; ils avaient une odeur herbacée fort intense.

Parmi les acides insolubles, GOSSMANN a isolé de l'acide « oléique » (oléique vraisemblablement), de l'acide palmitique fondant à 59° et un autre acide fondant à 69°5 qu'il considère comme étant de l'acide stéarique.

Il est regrettable que nous ignorions la proportion au moins approximative des acides saturés et non-saturés, ce qui aurait permis de classer cette graisse de façon plus précise.

GRAISSE D'ORYCTES NASICORNIS L.

Famille : *Scaraboeidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La larve d'*Oryctes nasicornis* L. est une des plus grandes parmi celles de nos Coléoptères indigènes; son poids atteint fréquemment 13 grammes et dépasse même quelquefois ce chiffre. Son développement dure plusieurs années. On la trouve avec régularité dans les débris de bois pourri, les amas de sciure des scieries et surtout dans les tanneries; ce n'est pas une espèce xylophage à proprement parler car elle n'attaque pas le bois sain et dur; elle n'utilise que les fragments ligneux à-demi décomposés; elle s'attaque aussi aux racines et en particulier aux racines d'olivier auxquelles d'après BERLESE elle serait assez nuisible.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Les individus que j'ai étudiés avaient été recueillis pour la plupart dans la vieille tannée. Quelques-uns avaient été trouvés dans des troncs d'olivier en décomposition. Ces larves m'ont fourni une graisse parfaitement incolore, d'un blanc neigeux (1), fondant à 18°5 en tube capillaire. Les larves trouvées dans la tannée m'ont donné par l'éther un

(1) En prenant la précaution d'éliminer avant l'extraction le contenu du tube digestif qui donnerait une coloration brune.

rendement de 2,2 p. 100. Celles qui avaient été recueillies dans les souches d'olivier ont donné un chiffre très supérieur, atteignant 15 p. 100. Cette différence paraît difficile à expliquer.

L'examen au microscope de la graisse d'*Oryctes nasicornis* montre un grand nombre de sphérules cristallines constituées par des amas d'aiguilles rayonnant autour d'un centre.

Les constantes sont les suivantes :

Indice d'iode.....	11
— de saponification.....	192.5

C'est une graisse comparable au saindoux ou mieux encore au suif de bœuf. Voici en effet les chiffres fournis par ce dernier produit d'après divers auteurs; il est intéressant de les comparer à ceux que j'ai obtenus :

Indice d'iode.....	40 (HÜBL)
	43-44 (WILSON)
	35.6 à 28.9 (DIETRICH)
Indice de saponification.	193.2 à 198 (KOETTSTORFER, DEERING, MAYER)

HUILE DE HANNETONS

Melolontha vulgaris F.

(Maikäferöl)

Famille : *Scaraboeidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La Biologie du Hanneton est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'y insister ici; je mettrai seulement en évidence les particularités qui paraissent indispensables pour préciser la Physiologie des graisses.

La durée de l'évolution du Hanneton est variable suivant les pays : 3 années en France, 4 en Suisse et en Allemagne; la larve, le trop célèbre ver blanc, atteint au terme de sa croissance un poids voisin de 2 grammes. C'est une larve rhizophage qui attaque un très grand nombre d'espèces, soit herbacées, soit arborescentes, réduisant à un état lamentable d'immenses plantations. L'imagó est plus spécialement phyllophage, s'attaquant aux feuilles de Cerisier, d'Orme, de Peuplier, d'Erable, de Chêne, etc. Certaines années dites « à Hannetons » voient éclore des quan-

tités innombrables de ces Coléoptères; on s'est efforcé de lutter contre eux par de nombreux moyens, particulièrement en les utilisant comme engrais. Un procédé déjà ancien et qui présente ici un certain intérêt réside dans l'exploitation de l'huile de Hannetons.

HISTORIQUE. — Cette huile de Hannetons est connue depuis fort longtemps. Dès 1821 il en est fait mention dans un ancien périodique hongrois (*Hannos Mulatsagok* I. p. 572), d'après lequel les paysans hongrois récoltaient les Hannetons lors des grandes invasions et en extrayaient l'huile par le curieux procédé que voici : Les insectes étaient entassés dans des vases en argile à long col dont l'ouverture était obstruée avec de la paille; ces vases étaient ensuite introduits, goulot en bas dans d'autres récipients plus grands et le tout enfoui dans un trou creusé en terre; un grand feu était allumé au-dessus et sous l'influence de la chaleur l'huile s'écoulait goutte à goutte, à travers le bouchon en paille, dans le récipient extérieur où elle était recueillie. Huit livres de hannetons auraient ainsi fourni trois livres d'huile, chiffre qui paraît certainement exagéré. Quoiqu'il en soit, l'huile ainsi obtenue servait au graissage des charrettes populaires.

HEFTER signale aussi (1) un autre procédé utilisé en Hongrie : les hannetons rassemblée dans des sacs étaient plongés dans l'eau bouillante et une couche d'huile ne tardait pas à monter à la surface où elle était recueillie.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Je n'ai pas fait de recherches personnelles sur l'huile de Hannetons et je me borne à donner ici en les interprétant les chiffres et les résultats que j'ai pu recueillir dans la littérature.

On a étudié une huile extraite des vers blancs et une autre extraite des imagos. Le premier produit n'a pas fait l'objet d'analyses récentes.

Au contraire, les imagos ont fourni à E. KOPP le sujet d'un intéressant mémoire (2). Cet auteur épuisant les hannetons au Soxhlet (il n'indique pas au moyen de quel dissolvant) en a retiré 16,9 p. 100 d'une huile brun-rougeâtre, épaisse, à odeur par-

(1) HEFTER, *Technologie der Fette und Ole* II, p. 773.

(2) *Pharm. Monatshefte*, Wien 1926, N° 9, p. 175.

ticulière non désagréable; il a déterminé les constantes suivantes :

Densité à 20°.....	0.925
Indice de réfraction à 20°.....	1.4678
Indice d'acide.....	42.5
Indice d'iode.....	72.7
Indice de saponification.....	157.5
— d'ether	115.0
— de REICHERT-MEISSL.....	1.8
— de IEHNER.....	93.0

Les acides gras ont donné :

Point de fusion.....	31°
— de solidification.....	27°
Indice d'iode.....	77.3
— de neutralisation.....	187.7
— de saponification.....	193.7

Ces acides gras constituent une masse gris-verdâtre; les savons sont verts. La poudre sèche de Hannetons dégraissés contient 4,15 p. 100 de cendres et 10,7 d'Azote total (par KJELDAHL), correspondant à 66,9 p. 100 de Proteines.

La valeur élevée qu'atteint la teneur en corps gras chez l'imago est un fait comparable à celui que j'ai observé chez le Doryphora de la pomme de terre; ces réserves abondantes sont très vraisemblablement en relation avec la grande voracité de l'insecte et destinées à constituer les réserves accumulées dans les œufs. Il eût été à cet égard intéressant de distinguer entre mâles et femelles.

L'indice d'iode place l'huile de Hannetons dans le voisinage immédiat de celles d'*Ergates faber* et de *Cetonia aurata*. La proportion importante d'acides gras libres est à souligner.

HUILE DE CETONIA AURATA L.

Famille : *Scaraboeidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Proche parent du Hanneton, ce Scarabeide est pourtant moins redoutable par sa voracité; la larve est semblable au ver blanc, mais elle s'en distingue à première vue par son mode de locomotion; on la trouve en grande abondance sous les vieilles souches de bois en décomposition, dans le

terreau, sous les amas de feuilles mortes, parfois sous les tas de fumier. Celles que j'ai recueillies et qui ont fait l'objet de mes analyses étaient toutes nourries de débris ligneux.

La durée de la vie larvaire est de trois années, au terme desquelles l'insecte édifie une loge ovoïde où a lieu la métamorphose. L'imago est commun sur de nombreuses fleurs et plus particulièrement sur les roses dont il ronge les pétales et les étamines.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai pu avoir à ma disposition 300 larves de *Cetonia aurata* L. qui atteignaient le poids de 560 grammes; le poids moyen de chacune était donc de 1 gr. 86. Ces individus étaient dans le courant de leur troisième année et devaient éclore au printemps prochain.

Ces larves séchées et épuisées à l'éther m'ont donné 1,9 p. 100 d'huile. Ce rendement très faible rappelle tout à fait celui des larves d'*Oryctes nasicornis* recueillies dans la tannée. Dans ces deux cas, le pourcentage se rapporte à l'individu total, y compris le contenu du tube digestif dont l'importance et le poids ne sont pas négligeables.

L'huile de Cétoines ainsi obtenue possédait une couleur jaune d'or et une odeur âcre, désagréable. Les constantes en sont les suivantes :

Indice de réfraction.....	1,4671 à 20° (observé)
d'iode	71,2
— de saponification.....	198,6
Insaponifiable	2,4 p. 100

Les acides gras insolubles sont de consistance butyreuse et de couleur jaune paille :

Point de fusion.....	30°6
Indice de neutralisation.....	201,9
Poids moléculaire moyen.....	277,3
Indice d'iode.....	72,5

Les acides liquides séparés par le procédé TORTELLI et RUGGERI ont donné l'indice d'iode 87,9, ce qui permet de calculer que l'huile renferme 81 p. 100 d'acides non saturés et 14 p. 100 d'acides saturés. Je n'ai pas étudié l'action du Brome sur l'huile

de Cétoïne, mais il est très probable, en raison de l'indice d'iode des acides liquides, qu'elle appartient au groupe des huiles ne donnant pas d'hexabromures.

Cette huile se rapproche beaucoup par son indice d'iode et ses autres constantes de l'huile de Hannetons étudiée par KOPP; elle s'en rapproche aussi par le point de fusion de ses acides gras. Elle ne contient que très peu d'insaponifiable.

CHAPITRE III

Huiles et graisses de Lépidoptères

Beaucoup de chenilles de Lépidoptères renferment des huiles demi-siccatives ou même franchement siccatives à indices d'iode très élevés (*Saturnia pyri* Sch., *Vanessa urticae* L.). Le rendement chez ces espèces est généralement faible; en revanche, la teneur en insaponifiable est le plus souvent élevée.

Chez d'autres types moins nombreux, particulièrement chez les xylophages (*Cossus*, *Zeuzera*), l'indice d'iode de l'huile est moins élevé, inférieur à 100 et le rendement beaucoup plus fort. Il existe aussi des graisses demi-siccatives (Chrysalides de *Pieris brassicae* L.) et des graisses à indices d'iode moyens ou faibles (*Zygaena*, *Myelobia*).

HUILE ET GRAISSE DE *PIERIS BRASSICAE* L.

Famille : *Pieridae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — C'est en Avril-Mai d'une part, en Septembre-Octobre de l'autre qu'ont lieu les deux générations annuelles de la Pieride du chou. Les chenilles d'automne ont atteint toute leur croissance vers la fin de Novembre; on les voit alors quitter les champs de choux en troupes nombreuses et grimper sur les murs et les palissades à la recherche d'un gîte propre à la nymphose. Beaucoup d'individus hivernent sous forme de chrysalides.

Cette espèce accepte parfois à défaut de son habitat de prédilection d'autres Crucifères voisins (Roquette, etc.) dont elle se contente. On peut se demander si l'acide érucique des Crucifères n'est pas nécessaire à son développement.

J'ai étudié successivement : 1° les chenilles en automne; 2° les chrysalides en Avril, au terme de l'hibernation.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 1° *Huile de Chenilles*. — Environ 500 chenilles ont été épuisées à l'éther après trituration avec du sable et déshydratation habituelle. Ces chenilles avaient été recueillies au début du mois de Novembre. J'ai obtenu par ce procédé 2,25 p. 100 d'une huile très visqueuse, à consistance semi-pâteuse et fortement colorée en vert.

J'ai déterminé les caractéristiques suivantes :

Indice d'iode	149.9
— de saponification	182.8
Bromures insolubles dans l'éther.....	14.4 p. 100
Insaponifiable	10 p. 100

Ces chiffres sont remarquables : indice d'iode très élevé et proportion importante de bromures insolubles. Je me suis assuré qu'il s'agit bien d'hexabromures et par suite d'acide linoléique : 2 gr. 5 d'acides gras insolubles ont été bromés en solution éthérée. Le précipité recueilli sur un filtre et recristallisé plusieurs fois dans le benzène se présentait sous un aspect cristallin incolore. Son point de fusion soigneusement déterminé était 180° 5. C'est donc d'une façon certaine de l'acide hexabromostéarique. On peut calculer d'après l'indice d'hexabromures que l'huile contient environ 5,3 p. 100 d'acide linoléique.

2° *Graisse de Chrysalides*. — J'ai eu à ma disposition 308 chrysalides pesant 87 grammes. Elles avaient été recueillies vers le milieu d'Avril. C'étaient des insectes qui avaient hiberné et qui étaient très près de la métamorphose.

Ces chrysalides m'ont donné par extraction à l'éther un rendement de 3,64 p. 100. Le produit obtenu était non pas une huile, mais une graisse solide, de consistance butyreuse, de couleur jaune-orangé et d'odeur herbacée.

Point de fusion.....	36°
Indice d'iode.....	100.5
— de saponification	200.1
Insaponifiable	10 p. 100

(Approximativement à cause de la trop faible quantité de produit).

L'insaponifiable est une substance solide, jaune, à indice d'iode faible (58,5). Les acides gras insolubles sont en grande partie liquides à la température ordinaire. Séparés par simple

filtration de la fraction solide, ils m'ont donné l'indice d'iode 139,8.

Ces résultats imposent quelques réflexions : il s'agit ici d'une véritable graisse demi-siccative. Si l'on cherche un terme de comparaison parmi les graisses de ce groupe décrites dans la série animale, il est curieux de constater une ressemblance avec celles de Lièvre et de Lapin sauvage. Voici en effet les chiffres donnés par AMTHOR et ZINK pour la graisse de Lièvre (1897) :

Point de fusion.....	35-40°
Indice d'iode.....	102.2
— de saponification.....	200.9

On remarquera qu'ils sont très voisins de ceux que j'ai indiqués pour la graisse de chrysalides de Piérides du chou.

Un autre point intéressant réside dans la différence considérable qui existe entre les produits retirés de la chenille et de la chrysalide après l'hivernage : dans le premier cas l'indice d'iode est beaucoup plus élevé, la consistance liquide, l'indice de saponification plus faible. Il semble, et cette opinion est très vraisemblable, que l'insecte utilise électivement au moment de la nymphose une partie des acides fortement non-saturés qu'il possède. Nous verrons que les faits se passent de façon très différente dans le cas de la Pyrale du maïs qui ne contient pas d'acide linoléique et chez laquelle l'huile de l'imagó diffère très peu de celle de la chenille.

HUILE DE *VANESSA URTICAE* L.

Famille : *Nymphalidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La chenille de ce Lépidoptère dont la diffusion est très grande se trouve souvent en troupes nombreuses sur les plantes d'*Urtica dioïca* L. L'imagó se rencontre çà et là de Mars à Septembre. J'ai eu à ma disposition des chenilles recueillies en Août aux environs de Pagny-le-Château (Côte-d'Or).

DONNÉES ANALYTIQUES. — 37 chenilles pesant 13 gr. 4 ont été broyées et épuisées à l'éther. J'en ai retiré 0 gr. 4973 d'huile, soit

3.7 p. 100. Huile jaune, limpide, faiblement odorante. J'ai seulement déterminé les constantes suivantes :

Indice d'iode.....	159.7
— de réfraction.... =	1.4795 à 12° (observé)
	1.4783 à 15° (calculé)

Cet indice d'iode est extrêmement élevé : c'est après celui de *Saturnia pyri* Sch. le plus fort que m'aient fourni les huiles d'insectes. L'étude des acides gras poursuivie avec des matériaux abondants serait du plus haut intérêt.

HUILE DE *THAUMETOPŒA PITYGCAMPA* SCH.

(= *Cnethocampa pityocampa*)

Chenille Processionnaire du Pin

Famille : *Thaumetopaxidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Depuis les anciennes études de RÉAUMUR, beaucoup d'auteurs se sont efforcés de préciser nos connaissances sur la biologie de ce Lépidoptère qui constitue dans le midi de la France un véritable fléau pour les forêts de Pins. Sa biochimie, en dehors de la question de l'urtication, a été beaucoup moins approfondie.

C'est une chenille à développement automno-hivernal. Son éclosion a lieu en moyenne vers le milieu de Septembre; la croissance continue activement pendant les mois qui suivent jusqu'en Janvier où se place souvent une période de ralentissement causée par les basses températures. Vers la fin de Février les premières files de chenilles commencent à descendre en terre et en fin Mars elles sont toutes enterrées.

Les échantillons qui ont fait l'objet de ces recherches ont été recueillis en Février : c'étaient donc des individus voisins du terme de leur développement larvaire. Leur alimentation était fournie uniquement par le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). On sait que ces chenilles attaquent aussi d'autres espèces de Pins (*P. pinaster* Solan. *P. sylvestris* L.) et même des Cèdres.

Thaumetopæa pityocampa est un insecte plutôt méridional : selon VALÉRY-MAYET, il dépasse rarement la Loire; on l'a signalé

quelquefois plus au Nord jusque dans la Forêt de Fontainebleau.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Cette chenille m'a fourni 3,5 p. 100 d'huile par extraction à l'éther. Le produit obtenu est de couleur vert-jaunâtre et possède une odeur vireuse, désagréable. Les constantes sont les suivantes :

Densité, 0,9460 à 16°
Indice de réfraction, 1,4832 à 14° (observé)
1,4828 à 15° (calculé)
Indice d'iode, 112,0
— de saponification, 192,5
— d'hexabromures, 2,1
Insaponifiable, 8,5 p. 100.

Les acides gras insolubles ont été isolés après enlèvement de l'insaponifiable en traitant la solution de savons par l'acide sulfurique étendu. Après de nombreux lavages à l'eau distillée, j'ai obtenu ces acides sous l'aspect d'un gâteau cristallin, de couleur verdâtre et assez consistant. J'ai déterminé les chiffres suivants :

Point de fusion, 36°
Indice d'iode, 113,8
— de neutralisation, 196,6
Poids moléculaire moyen, 284,8

J'ai pu pousser plus loin mes analyses par suite de la quantité illimitée de matériaux que j'avais à ma disposition. Les acides gras insolubles transformés en sels de Plomb ont été traités par l'éther selon la méthode de TORTELLI et RUGGERI; j'ai ainsi isolé des acides liquides dont l'indice d'iode atteignait 141,2.

Il est facile de calculer à l'aide de ce chiffre que l'huile de chenilles processionnaires du Pin contient 79,3 p. 100 d'acides liquides. Dans cette proportion est comprise une minime fraction (environ 0,77 p. 100) d'acide Linoléique, comme le prouvent les bromures insolubles obtenus. Les acides bromés fondaient à 179° 5.

Les acides saturés extraits des sels de Plomb insolubles ont été fractionnés par l'acétate de Magnésium alcoolique suivant la méthode de HEINTZ; ils n'ont pu dépasser le point de fusion

58° 8. Il est donc permis de penser qu'ils sont probablement constitués par de l'acide Palmitique.

Au total, on voit que l'huile de chenilles processionnaires du Pin est une huile demi-siccative, comme on en rencontre beaucoup parmi les Lépidoptères phyllophages. Son indice de réfraction très élevé et sa teneur importante en insaponifiable sont à souligner.

L'insaponifiable extrait par le Benzène selon la méthode de LEYS se présente comme une substance solide, de couleur jaune-orangé et d'odeur agréable. Son indice d'iode est élevé (140,2). Par ces divers caractères il se rapproche de l'insaponifiable extrait par HUERRE de la graisse de cochenilles. Je pense qu'il est en majeure partie constitué par des hydrocarbures : l'anhydride acétique chaud n'en dissout qu'une très minime fraction; la plus grande partie y est insoluble.

HUILE DE *LYMANTRIA DISPAR* L.

(= *Ocneria dispar* L.)

Famille : *Lymantriidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cette chenille constitue un ravageur des plus redoutables de nos arbres fruitiers et forestiers; elle éclot en Avril-Mai et dévore activement les feuilles de nombreuses espèces arborescentes : châtaigner, noisetier, orme, chêne, poirier, etc. En Juin elle atteint une longueur de 7 à 8 centimètres et un poids de plus de 2 grammes. Elle se chrysalide alors. Le papillon éclot vers la fin de Juillet ou au début d'Août. La ponte s'effectue de façon très particulière : les œufs sont déposés sur les troncs d'arbres par plaques de 4 à 500, en couche serrée recouverte de poils et d'écailles. Ils passent ainsi l'hiver jusqu'au mois de Mai suivant.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Les chenilles de *Lymantria dispar* L. que j'ai étudiées ont été obtenues par élevage au laboratoire depuis l'éclosion jusqu'à la nymphose. Elles ont été nourries successivement avec de l'aubépine, du noisetier et de l'orme.

Au début du mois de Juin, j'ai extrait de ces chenilles par épuisement à l'éther 1,5 p. 100 d'huile; c'est un liquide visqueux, fortement pigmenté en vert-brun, à odeur vireuse désagréable. Il m'a donné l'indice d'iode 106,9. Le rendement très faible ne m'a pas permis d'obtenir un poids d'huile suffisant pour pousser plus loin son analyse. Il paraît toutefois évident qu'il s'agit d'un produit très comparable à celui fourni par *Thaumetopœa pityocampa* Sch.

HUILE DE MALACOSMA FRANCONICA ESP

Famille : *Lasiocampidae*.

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce papillon pond en Juillet sur diverses plantes herbacées; ses œufs passent l'hiver et éclosent en Février; la chenille se nourrit de *Dorycnium suffruticosum* Vill., *Plantago lanceolata* L., *Statice serotina* Rchb., *S. minuta* L., etc. J'ai étudié des chenilles bien développées qui avaient été recueillies en Juin sur le versant sud de l'île de Hénat, dans la baie de Quiberon. L'habitat était constitué par des pentes surplombant l'Océan.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 158 chenilles pesant 60 grammes m'ont donné par extraction à l'éther 1 gr. 1571 d'huile, ce qui représente un pourcentage de 1,9. Cette huile était de couleur jaune verdâtre et possédait une odeur vireuse, pénétrante, désagréable.

Indice d'iode, 138,0

de réfraction = 1,474 à 25° (observé)
1,4778 à 15° (calculé)

Cette huile ressemble beaucoup à celle de *Saturnia Pernyi* Guer.

HUILE DE *SATURNIA PYRI* SCHIFF.

(Grand paon de nuit)

Famille : *Saturniidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — *Saturnia pyri* Sch. est un énorme Lépidoptère indigène. Sa chenille vit sur un grand nombre d'arbres forestiers et fruitiers, tout particulièrement sur l'amandier. Elle prend la forme chrysalide en Août et reste en cet état souvent deux années. L'éclosion a lieu en Mai.

J'ai étudié une seule chenille de *Saturnia pyri* Sch. recueillie le 21 Juillet.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Cette chenille pesait 12 gr. 5; elle avait atteint tout son développement. Par l'éther de pétrole j'en ai retiré 0 gr. 5042 d'une huile presque incolore et parfaitement limpide. Le rendement atteint donc 4,03 p. 100.

Indice d'iode, 164,5

Indice de réfraction 1,4826 à 22° (observé)

1,4850 à 15° (calculé)

C'est une véritable huile siccative : conservée à l'air dans une capsule en porcelaine elle se recouvre en peu de jours d'une couche d'aspect corné. Ce fait concorde parfaitement avec les valeurs considérables de l'indice d'iode et de l'indice de réfraction. Il serait fort intéressant si l'on disposait de matériaux plus abondants de rechercher l'acide linoléinique qui doit être présent en grande quantité et d'étudier les autres acides non-saturés.

HUILE DE *SATURNIA PERNYI* GUER.

Famille : *Saturniidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce gros papillon est originaire de Chine; il s'acclimate facilement en France où son élevage a pu être mené à bien. Sa chenille vit sur le chêne blanc et atteint de grandes dimensions.

Données analytiques. — J'ai étudié 73 chenilles de *Saturmia Pruni* Guss. à des stades de développement assez différents. Les plus grosses atteignent un poids voisin de 4 grammes. Les analyses ont été faites en Octobre.

Par extraction à l'éther j'ai obtenu une substance de consistance grasse, soluble assez facilement en vert par la chlorophyllé d'origine alimentaire et ses dérivés. Le rendement atteint seulement 1.00 p. 100, soit 0 gr. 74 pour une chenille bien développée. Le résidu est extrêmement soluble. Voici les autres caractéristiques que j'ai pu établir :

Soluble dans l'eau.

Insoluble dans l'éther 14.7 p. 100.

J'ai pu mesurer son pouvoir réfringent l'insupportable, mais la mesure qu'il donne est en proportion assez considérable. On remarquera le faible indice de l'indice d'ordre, elle n'atteint pas cependant le chiffre énorme que donne *Saturmia pruni* Sch.

Chez la chrysalide, Mlle COURTOIS (1929) dosant les acides gras par la méthode de KUDAWA-SIMO a trouvé 4.64 p. 100. Les autres acides sont signalés 2.72 p. 100 d'insolubilité insoluble pour une faible part de Cholestérol et le reste par des substances de nature inconnue.

GRAISSE DE *LYCOPHOTIA MARGARITOSA* CHAW.

(= *Agrotis sacra* Hubner)

Famille : Noctuidae

Aspect biologique. — Espèce à très vaste dispersion; je l'ai vue de l'Inde (Madras) où elle est abondante dans les jardins et les campagnes. Les chenilles se rencontrent à six semaines dans les arbres; elles couvrent les jeunes plantes et les us du sol et les arbres. Elles font beaucoup de ravages de l'été à l'automne.

Données analytiques. — 165 grammes de chenilles ont été épais à l'éther de l'Inde. J'ai obtenu 1 gr. 562 soit 0.94 p. 100 d'une grasse soluble facilement soluble, de consistance inconnue.

Point de fusion, 33°, 5

Indice d'iode, 130,6

de saponification, 193,5.

La teneur en graisse de cette chenille est remarquablement faible. Son indice d'iode est par contre assez élevé.

HUILES DE VERS A SOIE

Sericaria mori L.

Famille : *Bombycidae*.

La Biologie de ce Lépidoptère est trop universellement vulgarisée pour qu'il y ait le moindre intérêt à l'exposer ici; je passe donc directement aux résultats analytiques obtenus par les nombreux auteurs qui se sont occupés du ver à soie.

C'est LASSEIGNE qui isola en 1844 la première huile de ver à soie; il en fit une étude approximative par les moyens dont on disposait alors; son travail ne peut guère être cité que pour mémoire.

Depuis cette époque lointaine, le ver à soie a été l'objet de beaucoup de recherches biochimiques et histochimiques; c'est en effet un matériel facile à se procurer en abondance et qui constitue un point de départ commode.

La graisse des œufs a été étudiée dès 1885 par TICHOMIROFF; Cet auteur examinant les œufs avant l'hivernage en a retiré 9,52 p. 100 d'extrait éthéré qu'il a distingué de la façon suivante :

Cholestérol, 0,4 p. 100 d'œufs

Lécithine, 1,04 p. 100

Graisses (Sensu Stricto), 8,08 p. 100.

Examinant ensuite les œufs en incubation, TICHOMIROFF a trouvé seulement 6,53 p. 100 d'extrait éthéré :

Cholestérol, 0,35 p. 100

Lécithine, 1,70 p. 100

Graisses, 4,42 p. 100.

Il y a donc eu disparition de près de la moitié des réserves de graisse.

L'évolution des œufs du ver à soie a également été étudiée par VIXRY et COMTE.

L'huile de la chenille a été extraite par LASSERRE au moyen de l'alcool chaud; elle est colorée en vert et donne des savons également colorés; les acides gras sont solides à la température ordinaire.

L'huile de chrysalides est mieux connue que les précédentes grâce aux recherches de nombreux auteurs LEWKOWITSCH, MEXOZZI, MORISSEN, TETZNER, DESJARDINS, etc.

LEWKOWITSCH a extrait des chrysalides par traitement à l'éther une huile jaune-brun, douce d'une odeur rappelant celle des huiles de poissons; il a trouvé les constantes suivantes :

Densité à 15°	0,918
Indice de réfraction à 20°	1,465
Indice de réfraction à 25°	1,458
Indice de réfraction à 30°	1,452
Indice de réfraction à 35°	1,446
Indice de réfraction à 40°	1,440
Indice de réfraction à 45°	1,434
Indice de réfraction à 50°	1,428
Indice de réfraction à 55°	1,422
Indice de réfraction à 60°	1,416
Indice de réfraction à 65°	1,410
Indice de réfraction à 70°	1,404
Indice de réfraction à 75°	1,398
Indice de réfraction à 80°	1,392
Indice de réfraction à 85°	1,386
Indice de réfraction à 90°	1,380
Indice de réfraction à 95°	1,374
Indice de réfraction à 100°	1,368
Indice de réfraction à 105°	1,362
Indice de réfraction à 110°	1,356
Indice de réfraction à 115°	1,350
Indice de réfraction à 120°	1,344
Indice de réfraction à 125°	1,338
Indice de réfraction à 130°	1,332
Indice de réfraction à 135°	1,326
Indice de réfraction à 140°	1,320
Indice de réfraction à 145°	1,314
Indice de réfraction à 150°	1,308
Indice de réfraction à 155°	1,302
Indice de réfraction à 160°	1,296
Indice de réfraction à 165°	1,290
Indice de réfraction à 170°	1,284
Indice de réfraction à 175°	1,278
Indice de réfraction à 180°	1,272

La valeur élevée atteinte par l'indice d'acide laisse penser que cette huile a été extraite de chrysalides déjà partiellement altérées et vieilles. LEWKOWITSCH a signalé dans l'insaponifiable la présence de Cholesterol.

Les auteurs italiens MEXOZZI et MORISSEN ont fait une étude assez poussée de l'insaponifiable: ils ont signalé 4 substances : 1° un isomère du cholesterol qu'ils ont nommé Bombysterol: l'existence de ce composé paraît douteuse; 2° un produit qu'ils n'ont pu caractériser, facilement soluble dans l'alcool froid et qui se dépose en vernis par évaporation; 3° et 4° deux hydrocarbures de la série saturée: le premier cristallise en feuillets fondant à 62°5, bouillant à 270° sous 15 mm. Ils lui ont attribué par analyse élémentaire la formule $C^{28}H^{58}$. Il ne fixe pas de Brome.

Le second hydrocarbure qui existe en moins grande quantité constitue une masse fusible à 41-42°.

L'étude de TETZNERO plus complète que celle de LEWKOWITSCH a fourni des chiffres quelque peu différents: l'huile décrite par l'auteur Japonais avait été extraite en traitant par la vapeur les chrysalides de rebut: c'est une huile industrielle. En voici les caractéristiques :

Densité à 15°, 0,9286

Indice de réfraction à 20°, 1,4757

— d'acide, 16,6°

— de saponification, 194,12

— d'iode, 131,56

— de HENNER, 94,5

— de RECHERT-MERSEL, 328

— d'acétyle (vrai), 19,72

Constantes des acides gras :

Point de fusion, 36°, 5

— solidification, 27,28°

Indice de neutralisation, 199,24

Poids moléculaire moyen, 281,42

Indice d'iode, 138,82

— — des acides non-saturés, 178,73

Tsujimoto a signalé dans l'insaponifiable des cristaux de Phytostérol fondant à 143° 5 et une substance cireuse fondant vers 100°.

L'huile renferme 75 p. 100 d'acides non-saturés, parmi lesquels ont été identifiés les acides oléique, linoléique, isolinolénique et avec doute un isomère de l'acide linoléique. L'acide linoléique existe dans la proportion de 4,38 p. 100.

Les acides gras ne fournissent pas de tétrabromure insoluble, mais par la méthode de HAZURA, TSUJIMOTO a obtenu un peu d'acide tétraoxystéarique.

Les acides saturés fondent à 57°; ils renferment de l'acide palmitique et pas d'acide stéarique.

L. DESVERGNES a donné (1920) pour les huiles industrielles de la vallée du Rhône des chiffres assez différents de ceux de TSUJIMOTO.

Dans un travail récent et très documenté, BUNSUKE SUZUKI et YOSHIKUNI YOKOYAMA (1927) ont précisé la structure chimique des glycérides du ver à soie. Ces auteurs ont montré qu'à côté de glycérides homogènes il existe beaucoup de glycérides mixtes. Ils ont pu isoler les combinaisons suivantes :

Bromure de dioléo-linolénine, fondant à 86°, soluble dans l'éther, difficilement soluble dans l'éther de pétrole.

Bromure d'isolinoléo-dilinolénine fondant à 133°.

Bromure de trilinolénine fondant à 172°.

Bromures de trioleine, de palmito-oléo-linolénine et de palmito-dioléine. Ces trois derniers incristallisables. Ces composés ont été isolés en fractionnant les glycérides au moyen de solutions alcooliques de chlorure de calcium de concentrations diverses.

On voit au total que l'huile de chrysalides de vers à soie ressemble beaucoup par sa teneur en insaponifiable et par son indice d'iode à celles que j'ai extraites des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* Sch. ou d'*Arctia caja* L. C'est une huile demi-siccative, comme on en rencontre beaucoup parmi les Lépidoptères.

A côté de ces données chimiques, d'autres recherches plus particulièrement biologiques sont dues à DUBOIS et COUVREUR (1895-1900) et à VANEY et MAIGNON (1906). Ces derniers auteurs ont observé d'intéressantes différences dans les corps gras suivant le sexe : chez les mâles, peu de temps avant la transformation, ils ont vu une forte diminution de la teneur en glycogène et une forte augmentation de la teneur en graisse; chez la femelle, au contraire, ils ont constaté une augmentation du glycogène et une diminution des graisses.

Au cours de la nymphose les graisses diminuent progressivement; c'est un phénomène analogue à celui que j'ai observé chez la Pyrale du maïs : le pourcentage passe de 3.22p. 100 au début à 1.91 p. 100 au bout de 16 jours. La consommation est surtout intense au début et à la fin de cette période.

HUILE D'*ARCTIA CAJA* L.

Famille : *Arctiidae*

Chenille polyphage très commune partout toute l'année dans les jardins et les cultures, parfois en très grand nombre. Je n'ai eu que quelques individus en Avril; j'en ai extrait par l'éther 4,1 p. 100 d'huile jaune d'or.

Indice d'iode, 133.3.

C'est encore un Lépidoptère phyllophage à indice d'iode élevé.

HUILE D'ASURA CONFERTA WALK.

Famille : *Lithosiidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — J'ai reçu cette chenille des environs de Madura (Inde). On la trouve en Juin-Juillet, généralement par temps humides après les longues périodes de pluies, grimpant sur les murs et les palissades. Elle passe pour manger les boutons de *Geranium pierre*.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 333 chenilles pesant 41 gr. 5 ont été épuisées à l'Ether de Pétrole. L'huile obtenue est rouge-orangé. Le rendement atteint 1,03 p. 100.

Indice de réfraction 1,4691 à 25° (observée)

1,4626 à 15° (calculée)

Indice d'Iode, 102,9

C'est une huile demi-siccative comparable à celle de *Lymantria dispar* L.

GRAISSE DE ZYGÆNA STÆCHADIS

VAR. *genuensis* Roc.

Famille : *Zygænidæ*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Les *Zygæna* sont des Lépidoptères hétérocères d'assez petite taille, à antennes noires très longues et ailes noires tachées de rouge. La plupart vivent à l'état de larves sur des Légumineuses (Treffe, Sainfoin, *Hippocrepis*) et se trouvent souvent à l'état d'imagos sur les capitules de composées.

Un intéressant travail de U. Rocci (1) a été consacré à l'étude de la graisse de *Zygæna*; cet auteur a recueilli des milliers de *Zygæna* (*Z. stæchadis* var. *genuensis* Roc.) sur les collines herbeuses des environs de Gènes. Le poids moyen de chaque individu varie de 0 gr. 06 à 0 gr. 08. La chasse a été faite depuis les premiers jours de Mai jusqu'au milieu de Juillet.

(1) *Arch. Ital. Biol.*, LXVI, p. 53 (1916).

DONNÉES ANALYTIQUES. — L'extraction a été opérée au moyen de l'alcool à 95° bouillant, après que les insectes aient été triturés avec du quartz. La solution a laissé déposer par refroidissement une graisse qui a été recueillie sur un filtre et reprise à l'éther de Pétrole; le reste des tissus broyés a été aussi épuisé par l'Ether de Pétrole et le tout réuni.

La graisse de Zygènes se présente comme une substance molle, homogène, de couleur jaune intense, douée d'une légère odeur nauséabonde. Elle n'a pu être décolorée par traitement au noir animal. Elle ne montre au microscope aucune forme cristalline; elle est soluble dans les dissolvants habituels des graisses, très peu soluble dans l'alcool froid, beaucoup plus dans l'alcool chaud.

U. Rocci a pu déterminer les caractéristiques suivantes :

- Point de fusion, 32°5 à 34°
- de solidification, 28° à 27°5
- Densité à 15°, 0,9325
- Essai de CRISMER 97°5
- (Température critique de sol.)
- Essai de VALENTA :
 - Point de dissolution, 22°5
 - de trouble, 26°
- Indice d'iode, 68,2
- de saponification, 185,5
- de HEHNER, 95,1
- d'acide (en ac. oléique), 2,3

Rocci a obtenu 0,15 p. 100 d'insaponifiable, de consistance molle, d'odeur particulière, donnant des réactions colorées de Stérols.

L'auteur remarque que la graisse de Zygènes paraît se rapprocher davantage des graisses végétales que des graisses animales.

HUILE DE *COSSUS LIGNIPERDA* F.

(= *Cossus cossus* L.)

Famille : *Cossidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cette grosse chenille rouge est le « *Weidenbohrer* » des Allemands, le « *Rodilegno rosso* » des Italiens; c'est la fameuse chenille du Saule de LYONNET; elle représente avec les Zeuzères et les Sésies les plus communes de nos chenilles xylophages.

La durée de sa croissance est de trois ans; les deux premières années elle se contente de ravager le liber et le parenchyme cortical; la troisième année elle pénètre dans la profondeur du bois. Elle secrète des liquides diastatiques doués d'une odeur âcre très pénétrante. Les arbres le plus fréquemment attaqués sont le saule, le peuplier, le pommier, le poirier, etc...

Les chenilles étudiées ici ont été recueillies dans le pommier; elles pesaient chacune plus de 5 grammes; elles étaient donc dans le courant de leur troisième année, celle qui précède la nymphose.

Les chenilles de *Cossus* contiennent une quantité prodigieuse de tissu adipeux qui en rend la dissection très pénible : tous les organes sont littéralement ensevelis dans la graisse.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Les chenilles de *Cossus ligniperda* F. ont été épuisées à différentes reprises, tantôt au chloroforme, tantôt à l'éther de pétrole. Par ces divers procédés, j'ai toujours obtenu des huiles identiques, parfaitement limpides, d'un beau jaune doré. Le rendement est extrêmement élevé puisqu'il atteint 27,6 p. 100 du poids frais.

L'huile de *Cossus* possède une odeur forte, âcre, désagréable, tout à fait comparable à celle de la chenille vivante. J'ai déterminé les constantes suivantes :

Indice de réfraction 1,4707 à 19° (observé)
1,47216 à 15° (calculé)

— d'iode, 76,2

— de saponification, 194,5

Bromures insolubles dans l'éther : néant

Point de fusion des acides gras insolubles, 32°

Je pense que la teneur en huile très élevée de cette chenille est à rapprocher de son alimentation riche en polysaccharides (Glucosanes, Cellulose, Pentosanes). Ces produits doivent après dégradation en hexoses ou en pentoses donner facilement des lipides.

Au point de vue de sa constitution, cette huile offre les plus grandes analogies avec celles d'*Ergates faber* L. et de *Pyrausta nubilalis* Hübn. L'indice de saponification est toutefois un peu moins élevé que chez cette dernière.

Traînée en solution étherée et acétique par le Brome elle demeure parfaitement limpide, même après un repos prolongé. Elle appartient donc aussi à la catégorie des huiles totalement dépourvues d'acide linolénique.

GRAISSE DE *MYELOBIA SMERINTHA* HUBN.

Famille : *Galleriidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Il s'agit d'un papillon de nuit du Brésil. On l'observe en abondance aux environs de Rio de Janeiro et souvent même en ville : en Août et Septembre, les papillons arrivent en multitude, recouvrant les reverbères et autres appareils d'éclairage. On les trouve le lendemain à terre, morts en grand nombre. Ce papillon a les ailes colorées en jaune foncé ; sa chenille vit du feuillage de *Merostachys ternata* Nees., dans les forêts des montagnes qui entourent la ville de Rio.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Cette espèce a été l'objet, en 1913, d'une remarquable étude de H. THOMS. Cet auteur traitant les papillons par l'éther de pétrole en a retiré 22 p. 100 de graisse. C'est une substance jaune-blanchâtre, de consistance butyreuse, qui ne s'oxyde que très lentement au contact de l'air.

Point de fusion, 29°

— de solidification, 24°

Indice d'iode, 53,7

— de saponification, 192,7

— d'acide, 51,8

— de REICHERT-MEISSL, 0,74

— de POLENSKE, 0,84

— de HEHNER, 96,5

Constantes des acides gras :

Point de fusion, 46°

— de solidification, 42°

Les acides traités selon la méthode de VARRENTRAPP donnent 56,8 p. 100 d'acides liquides et 33,6 p. 100 d'acides solides. Les premiers consistent vraisemblablement en acide oléique pour la plus grande partie; ils fondent à + 12° et se solidifient à + 6°. Ils donnent un acide élaïdique fondant à 43-45°. Les acides saturés fondent à 55-58°. Ils contiennent selon THOMS de l'acide stéarique.

Cette graisse est remarquable par son indice d'iode assez faible. Peut-être faut-il chercher l'explication de ce fait dans l'influence de la température. Il s'agit d'une espèce des régions chaudes et c'est là un facteur important (voir 3^e partie).

La graisse de *Myelobia* se rapproche, quoique ayant un plus faible indice d'iode, de la graisse de Zygènes décrite par Rocci.

HUILE DE PYRALES DU MAÏS

Pyrausta nubilalis Hübn.).

(= *Botys nubilalis*, *B. silvocalis* Hb.).

European Corn borer des Américains

Pirallide del Granturco e della Canapa des Italiens

Famille : *Pyralidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La Pyrale du Maïs a acquis une triste célébrité en Amérique où elle cause dans les cultures d'immenses ravages. Les Etats-Unis ont mis sur pied de nombreuses missions pour lutter contre ce fléau.

Le papillon apparaît les premiers jours de Juin; il dépose ses œufs sur le Maïs et accessoirement sur des plantes de familles très différentes comme l'Armoise; Le cycle se reproduit plusieurs fois du Printemps à l'Automne. Les larves à peine nées creusent dans les tiges des galeries longitudinales; leur mode de vie les rapproche beaucoup des larves xylophages de Buprestides et de Cérambycides parmi les Coléoptères, ainsi que des *Cossus* parmi

les Lépidoptères. Nous verrons plus loin que la composition de leur huile les en rapproche également.

Les chenilles arrivées au terme de leur développement atteignent environ 20 millimètres et pèsent 0 gr. 06 à 0 gr. 07. Vers la fin du mois d'Octobre, elles cessent de manger et se préparent à hiverner. Elles passent toute la saison froide et une partie du Printemps à l'état de vie ralentie ou diapause. C'est à l'expiration de cette période qu'a lieu la nymphose, en Mai-Juin.

Ce phénomène de diapause hivernale a donné lieu à beaucoup de recherches (1), mais on ne saurait dire que son mécanisme ait été bien élucidé. La séduisante hypothèse de ROUBAUD (2) qui attribue cette sorte de mise en veilleuse à une intoxication de l'organisme larvaire par des produits de l'activité cellulaire demanderait à être confirmée; d'après cette hypothèse, une période de vie ralentie serait nécessaire pour que la chenille puisse éliminer lentement les produits d'excrétion abondamment accumulés pendant la période d'active croissance qu'elle vient de subir. Quelle que soit l'explication, le fait n'en demeure pas moins digne d'intérêt; je me suis attaché particulièrement à l'étude des modifications des graisses pendant la diapause.

DONNÉES ANALYTIQUES :

Huile de Pyrales en Novembre. — J'ai d'abord étudié l'huile de Pyrales chez les chenilles parvenues à un complet développement, au début de la diapause hivernale, en fin Novembre.

Des chenilles recueillies sur le Maïs et épuisées à l'Ether m'ont fourni à ce stade 26,5 p. 100 d'une huile limpide, jaune d'or, qui a les apparences de l'huile l'Olive. Ce pourcentage qui dépasse le quart du poids total de la chenille est considérable : la Pyrale du Maïs qui se nourrit de substance ligneuse riche en polysaccharides réalise évidemment une active synthèse d'acides gras.

(1) W R. THOMPSON and H. L. PARKER. A contribution to the study of hibernation in the larve of the European Corn Borer. *Ann. of. the. Ent. Soc. Am.* XX, 1. [1927].

(2) *Bull. Biolog. Fr. et Belgique*, LVI, Fasc. 4 [1922].

Cette huile a fourni les constantes suivantes :

Densité à 18°, 0,9174
Indice de réfraction à 15°, 1,4710 (observé)
Indice d'iode, 80,8
— de saponification, 201,5
Insaponifiable, 1,68 p. 100
Indice de REICHERT-MEISSEL, 1,13

Pour isoler les acides gras, l'huile a été saponifiée par la Potasse alcoolique et débarrassée de l'insaponifiable par le Benzène; la solution alcoolique ainsi obtenue a été évaporée dans une capsule en porcelaine en ajoutant de temps en temps de l'eau distillée; les savons ont été alors décomposés par l'acide sulfurique étendu qui a libéré les acides gras. Ceux-ci se sont rassemblés à la surface en une couche huileuse qui a été plusieurs fois décantée et lavée à l'eau distillée chaude.

Les acides gras insolubles ainsi obtenus étaient incolores et solides à la température ordinaire; Ils avaient les caractéristiques suivantes :

Point de fusion, 25°, 5
Indice d'iode 84,3
— de neutralisation, 206,4
Poids moléculaire moyen, 271,3

Ces acides ne renferment pas d'acide linoléique : en effet, l'huile de Pyrales traitée par le Brome ne donne aucun précipité et demeure parfaitement limpide, sans fournir la moindre trace d'hexabromures. Elle se rapproche donc beaucoup par ce caractère des huiles d'*Ergates faber* L. et de *Cossus ligniperda* F.

Composition de l'huile de Pyrales en Novembre. — Les quantités importantes d'huile de Pyrales que j'ai pu préparer m'ont permis de pousser plus loin l'étude de sa constitution.

Le premier problème à résoudre consistait à déterminer le pourcentage en acides saturés et non-saturés. Ce résultat peut être atteint par deux méthodes générales : 1° par voie pondérale (Procédés de FARNSTEINER, de VARRENTRAPP, de TWITCHELL, de NIEGEMANN, de FACHINI et DORTA, etc.) ; 2° par calcul basé sur l'indice d'iode de l'huile et sur celui des acides gras non-saturés.

3 gr. 2423 d'huile de Pyrales ont été saponifiés par 50 cm³

de Potasse alcoolique à 4 p. 100; la solution savonneuse a été neutralisée par l'acide acétique en utilisant la Phénolphthaleine comme indicateur, puis étendue à 100 cm³ avec de l'eau distillée et versée peu à peu dans une fiole contenant 50 cm³ de solution d'acétate de Plomb à 10 p. 100. Le savon de Plomb précipité s'est collé aux parois de la fiole et y a adhéré. Après refroidissement et lavage, le précipité égoutté et séché a été traité par 150 cm³ d'Éther et chauffé à ébullition au bain-marie jusqu'à ce qu'il y ait déboulement. Les sels de Plomb des acides non-saturés se sont rapidement dissous; ceux des acides saturés se sont dissous aussi en partie, mais ont précipité de nouveau après refroidissement et repos prolongé. La solution étherée a été filtrée dans un entonnoir à decantation et traitée par une solution à 20 p. 100 d'acide chlorhydrique qui a libéré les acides liquides. Ceux-ci ont été décantés, lavés jusqu'à neutralité de l'eau de lavage, filtrés et pesés après distillation de l'éther et passage dans le vide sulfurique. Le pourcentage en acides saturés se calcule facilement par différence.

Ce procédé m'a donné pour l'huile de Pyrales :

Acides non saturés, 81 p. 100

Saturés, 19 p. 100

Le reste représente la glycérine et l'insaponifiable.

Le même résultat peut encore être obtenu par calcul, d'après l'indice d'iode de l'huile (ou indice d'iode externe) et celui des acides liquides (ou indice d'iode interne).

Connaissant la proportion relative des acides saturés et non-saturés, j'ai cherché à déterminer la nature de ces acides.

Étude des acides non-saturés. J'ai appliqué aux acides liquides séparés selon le procédé de TORRELLI et RUCCARI la méthode d'oxydation de HAZUKA (1). Ce procédé est basé sur la réaction générale, par laquelle les acides à fonctions éthyléniques traités par le permanganate de potassium en milieu acide reçoivent deux atomes hydroxyles par liaison oxygénée et se transforment en acides saturés correspondants. Les acides Oléique, Linoléique et Linolénique donnent dans respectivement les acides

(1) Monatshefte für Chemie 187 (1887), 180 (1888), 190 (1889).

Di, Tetra et Hexaoxystéarique. Ces acides-alcools sont facilement séparés par leurs solubilités et caractérisés par leurs points de fusion, leurs indices d'acétyle et leurs poids moléculaires.

15 grammes d'acides liquides de Pyrales ont été neutralisés et alcalinisés par la potasse; le savon obtenu a été dissous dans 1 litre d'eau; cette solution introduite dans un grand ballon a été traitée par 1000 cm³ de permanganate de potassium à 1,5 p. 100, versés lentement en agitant continuellement. Le liquide qui a pris une teinte verte a été abandonné 10 minutes au repos, puis traité par une solution concentrée d'acide sulfureux qui a ramené en solution le peroxyde de Manganèse précipité et a donné une réaction acide à la liqueur.

Cette dernière opération a amené la décoloration complète du liquide et la formation d'un précipité blanc abondant. Ce précipité a été recueilli sur un filtre, séché à l'étuve jusqu'à poids constant et lavé à l'Ether de Pétrole pour enlever les traces d'acides qui auraient pu échapper à l'oxydation.

Le résidu, c'est-à-dire la presque totalité du précipité a été introduit dans un appareil de Soxhlet et épuisé longuement à l'Ether.

J'ai obtenu par ce moyen un acide peu soluble dans l'Ether, soluble dans l'alcool chaud d'où il cristallise par refroidissement. J'ai déterminé avec soin son point de fusion et son poids moléculaire après purification par de nombreuses recristallisations dans l'alcool :

Point de fusion, 124° 125

Poids moléculaire, 302,8

Ces chiffres diffèrent notablement de ceux fournis par l'acide dioxystéarique pur provenant de l'oxydation de l'acide oléique (Point de fusion 132-136; poids moléculaire 316). Je me suis assuré que le point de fusion n'était susceptible d'aucune élévation par de nouvelles cristallisations.

Un composé tout à fait semblable a été décrit par LJUBARSKY; cet auteur l'a obtenu par oxydation de l'huile de phoque de la mer Caspienne; il le considère comme une combinaison équimoléculaire d'acides dioxystéarique et dioxypalmitique correspondant à un mélange d'acides oléique et palmitoléique. L'aci-

de de LJUBARSKY fond également à 124-125° et se comporte comme un composé de formule $C^{17} H^{24} O^4$.

Je pense donc qu'il y a lieu de considérer les acides liquides de l'huile de Pyrales comme constitués en grande partie par un mélange d'acides Oléique et Palmitoléique. Cette opinion est confirmée par l'indice d'iode des acides liquides séparés selon TORTELLI et RUGGERI (98,4) qui est voisin de celui d'un mélange équimoléculaire d'acides Oléique et Palmitoléique (95).

Le résidu de l'épuisement à l'éther décrit plus haut a été épuisé à l'aide d'une grande quantité d'eau distillée bouillante; par refroidissement le liquide a déposé quelques cristaux en aiguilles blanches en très minime quantité qui m'ont fait supposer (1) la présence d'une trace d'acide Tetraoxystéarique (Sativique) et par suite d'acide Linoléique dans l'huile; mais le produit était si peu abondant qu'il m'a été impossible d'étayer cette hypothèse par des chiffres caractéristiques.

Etude des acides saturés. — J'ai indiqué plus haut que l'huile de Pyrales renferme environ 13 p. 100 d'acides saturés. Ces composés ont été isolés en traitant par l'acide chlorhydrique les sels de Plomb insolubles dans l'Ether; les acides ainsi extraits fondaient à 59°5; purifiés par recristallisation dans l'alcool ils ont atteint le point de fusion 64°3. Ils renferment donc d'une manière certaine de l'acide stéarique. (Point de fusion de l'acide stéarique 69,3, de l'acide palmitique 62,6).

Origine de l'huile de Pyrales. — Il est logique de considérer l'énorme réserve d'huile accumulée chez la chenille de Pyrale du Maïs comme un produit synthétique; en effet, le régime alimentaire de ce Lépidoptère comporte une importante proportion d'Hydrates de Carbone et ne renferme que fort peu de corps gras; la chenille de Pyrale trouve dans sa ration beaucoup de polysaccharides (Amidon, Cellulose, Xylane, etc.) qu'elle utilise après les avoir digérés au moyen de ses diastases; les sucres réducteurs ainsi libérés sont utilisés pour la synthèse de l'huile.

Comparaison des huiles de Pyrales ayant vécu sur le Maïs et sur l'Armoise. — On sait que *Pyrausta nubilalis* Hübn. vit sou-

(1) *Sull. Soc. Ch. Biol.*, X, p. 790.

vent en France sur l'Armoise (*Artemisia vulgaris* L.) dont elle ravage les tiges, comme celles du Maïs; il était intéressant de comparer la composition de l'huile élaborée chez les chenilles aux deux régimes; on pouvait s'attendre à quelques différences entre des insectes vivant sur des plantes aussi éloignées au point de vue botanique que l'Armoise et le Maïs; les chenilles du Maïs sont plus grosses et un peu plus lourdes en moyenne que celles de l'Armoise.

Contrairement à mon attente, j'ai obtenu le même rendement en huile et ces huiles présentaient des indices d'iode et de saponification identiques; ce fait peut probablement s'expliquer de la façon suivante : bien que vivant sur des végétaux très différents, les deux chenilles ont une alimentation assez semblable; dans les deux cas elles se nourrissent de tissus ligneux et celluloseux qui fournissent sous l'action des sucres digestifs les mêmes produits de décomposition, point de départ de la synthèse de l'huile.

Etude des variations de l'huile au cours de l'hibernation.

Je me suis efforcé de rechercher le rôle et l'utilisation de la réserve considérable de corps gras que renferme la chenille de Pyrale au début de la diapause hivernale. Le développement énorme du corps adipeux chez les insectes qui hibernent est un fait assez général; il semble naturel de considérer cette accumulation de glycérides comme une réserve destinée à être progressivement utilisée pendant cette période d'inanition.

J'ai donc procédé à des épuisements périodiques des chenilles de Pyrales depuis le début de la période d'hibernation, en Novembre, jusqu'à la nymphose, en Mai-Juin. Les individus sur lesquels j'ai opéré ont été soumis pendant tout ce temps (7 mois) à un jeûne absolu; ils étaient conservés dans un local où la température s'abaissait beaucoup pendant l'hiver.

Les épuisements pratiqués à l'Ether, toujours suivant la même technique m'ont donné les chiffres suivants :

	Chenilles ayant vécu sur le Maïs	Chenilles ayant vécu sur l'Armoise
Fin novembre	26.5	26.2
1 janvier		26.3
22 février		27.2
18 mars	27.9	
1 mai	27.3	

Il résulte manifestement de ces chiffres que l'énorme accumulation de corps gras réalisée chez la chenille de Pyrale n'a pas pour but de faire face à une longue période d'inanition et de froid : ces insectes passant l'hiver à l'état de vie ralentie ne subissent pendant toute la saison que des combustions excessivement réduites et par suite laissent intacte leur réserve de corps gras.

Des faits comparables ont été signalés par RAPHAEL DUBOIS chez la Marmotte qui possède encore à la fin de son hibernation d'importants dépôts adipeux et par SÉMICHON chez certains Hyménoptères mellifères dont les larves consomment très peu de leurs réserves pendant la période de vie ralentie qui précède leur transformation en Nymphes.

En revanche, au moment de la Nymphose, on voit le taux des graisses baisser rapidement; cette modification a eu lieu dans mes expériences au mois de Juin : des Chrysalides prélevées le 20 Juin renfermaient seulement 9,7 p. 100 d'huile, soit une diminution de près des deux tiers de la masse initiale.

Nymphose et Lipolyse. — Il restait à préciser la période exacte où s'opère cette lipolyse : a-t-elle lieu seulement lorsque les Pyrales ont revêtu la forme chrysalide ou bien débute-t-elle quelque temps avant, lorsque la métamorphose ne s'est pas encore manifestée morphologiquement ?

Des Pyrales encore sous forme de chenilles ont été recueillies le même jour et en même temps que d'autres déjà sous forme de chrysalides; l'extraction des graisses opérée comparative-ment, dans les mêmes conditions m'a donné :

Chenilles, 14,8 p. 100

Chrysalides, 9,7 p. 100

Le pourcentage fourni par les chenilles est légèrement supérieur à celui des chrysalides, mais très inférieur à celui des che-

nilles en Mai; il est donc permis de conclure que la lipolyse se produit en grande partie pendant la période qui précède immédiatement la Nymphose et se continue pendant celle-ci.

La métamorphose débute chimiquement avant de se manifester morphologiquement.

Facilité d'utilisation des divers acides au moment de la Nymphose. — J'ai indiqué précédemment que l'huile de Pyrales renferme 13 p. 100 d'acides saturés et 81 p. 100 d'acides non-saturés; ces divers composés sont-ils utilisés indistinctement au moment de la Nymphose ?

Il semblerait qu'on pût à-priori répondre négativement. Il est en effet bien connu et établi par de nombreuses recherches que les acides gras sont d'autant plus facilement utilisables qu'ils renferment un plus grand nombre de fonctions éthyléniques.

J'ai constaté que l'indice d'iode de la Pieride du chou passe de 149,9 chez la chenille à 100,5 chez la chrysalide sur le point d'éclore. Ce sont surtout dans ce cas les composés les moins saturés (acide linoléique) qui disparaissent.

Les très intéressantes recherches de EAVES (1) ont montré que durant le développement du poulet, l'indice d'iode passe de 70 à 43 après 17 jours d'incubation : les acides éthyléniques ont été brûlés de préférence aux acides saturés.

THIEMICH (2), KNOPFELMACHER (3) et CRONHEIM (4) ont établi que l'indice d'iode des graisses de réserve s'abaisse chez les animaux soumis à l'inanition.

D'autres faits tirés de la Physiologie végétale peuvent être invoqués dans le même sens : les acides éthyléniques disparaissent beaucoup plus vite que les acides saturés pendant la germination des graines oléagineuses.

Enfin, TERROINE, BONNET, KOPP et VÉCHOT (5) ont établi que *Sterigmatocystis nigra* se développe d'autant plus rapidement qu'il est cultivé sur un milieu contenant des corps gras plus

(1) *Journ. of Physiol.* XL., 1910, p. 451-453.

(2) *Jahrb. f. Kinderheilkunde*, 1905, LX, 174

(3) *Ibid.*, 1897, XLV, 177.

(4) *Fischer's Zeitg.*, 1902, V, 115.

(5) *Bull. Soc. Ch. Biol.* IX, 604, 1927.

riches en liaisons éthyléniques : la croissance très lente sur le beurre est très rapide sur l'huile de lin.

On pouvait donc se demander si l'indice d'iode ne s'abaisse pas au cours de la métamorphose de la Pyrale du Maïs.

Les recherches que j'ai poursuivies à cet égard m'ont donné les résultats suivants :

Indice d'iode de l'huile de chenilles en novembre...	80,8
— — — — — en mai	78,6
de chrysalides en juin.....	76,0

Les différences sont pratiquement négligeables : il est facile de calculer que si la disparition portait uniquement sur les acides non-saturés, l'indice d'iode des chrysalides devrait être voisin de 60, c'est-à-dire bien inférieur à ce qu'il est en réalité. On peut donc admettre que chez la Pyrale les divers acides saturés et non saturés sont utilisés indistinctement au moment de la Nymphose, contrairement à ce qui se passe chez la Piéride du chou. Peut-être cette différence est-elle due à l'absence d'acide linoléique chez *Pyrausta nubilalis*, alors que cet acide est assez abondant chez *Pieris brassicae* ? Cette hypothèse demanderait à être contrôlée chez d'autres espèces.

HUILE D'EPHESTIA FIGULILELLA GREGS.

Famille : *Pyralidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cette chenille exploite habituellement les figues sèches dans la région méditerranéenne; elle se multiplie avec rapidité et détermine parfois d'importants dommages. J'ai pu disposer d'un grand nombre d'individus recueillis dans un entrepôt de figues sèches : ces insectes ayant achevé leur croissance sortaient en masses et allaient se retirer dans les angles du plafond et les coins des poutres pour subir leur métamorphose.

Le régime alimentaire de cette Pyrale est particulièrement riche en glucides et en lipides.

DONNÉES ANALYTIQUES. — *Ephestia figulilella* Greg. renferme à l'état de chenille une importante réserve adipeuse : j'en ai extrait par l'éther de pétrole 21,58 p. 100 d'huile. Le produit ainsi obtenu est un liquide très visqueux, très faiblement jaunâtre et à peu près inodore.

Indice de réfraction = 1,4690 à 22° (observé)
1,4716 à 15° (calculé)

Indice d'iode, 65,4
— de saponification, 198,2

Je n'ai pu essayer l'action du Brome, mais il est extrêmement probable qu'aucun précipité ne prendrait naissance et que cette huile est dépourvue d'acide linoléique. L'indice d'iode moyen, plutôt faible se rapproche de celui d'*Eurythyrea marginata* Oliv. L'indice de saponification est d'une valeur très courante.

CHAPITRE IV

Graisses d'Hémiptères

SECTION I. — *Beurres d'Aphidiens*

Les Aphidiens constituent parmi les Hémiptères et même parmi les insectes en général, un groupe singulier qui occupe une place très spéciale. On a beaucoup écrit sur leur cycle évolutif et sur leur reproduction parthénogénétique. Au point de vue biochimique, ils se sont fait remarquer déjà comme d'actifs producteurs de substances cireuses (*Eriosoma lanigerum* Hausm.) qu'ils excrètent en longs filaments d'aspect cotonneux. En revanche, on ignorait à peu près tout de la constitution de leurs graisses de réserve. A part un travail très ancien et très imprécis de BARRUEL (1831) je n'ai trouvé aucun document sur cette question. Il faut dire que sa solution présentait des difficultés assez considérables, particulièrement en ce qui concerne l'obtention de matériaux d'étude en quantité suffisante.

De patientes recherches m'ont permis de constater que tous les Aphidiens que j'ai étudiés (6 espèces) mettent en réserve des produits très semblables les uns aux autres : ce sont des substances solides, à indices d'iode très faibles et indices de saponification très élevés, qui possèdent une tendance remarquable à se présenter sous une forme cristalline très caractéristique (voir les photographies). L'aspect cristallin est très différent suivant le dissolvant employé : l'éther donne des rosaces formées d'aiguilles rayonnantes, limitées par un contour polygonal; l'alcool donne de longues aiguilles feutrées et entrelacées.

La grande analogie entre les produits fournis par les Aphidiens vivant sur des plantes botaniquement très différentes m'a d'abord quelque peu surpris; il semble à première vue que des insectes récoltés sur le térébinthe, le rosier, le sureau et la fève doivent avoir une alimentation très différente et par suite des graisses de réserve de composition variée. A la réflexion cependant, il semble que ces différences ne sont peut-être pas aussi ac-

cusées qu'elles le paraissent : si les habitats sont au point de vue systématique très éloignés, les sucs des plantes dont se nourrissent les Aphidiens présentent peut-être une certaine uniformité de composition (richesse en sucres par exemple) qui expliquerait la similitude des produits élaborés.

Les larves de Coléoptères et de Lépidoptères xylophages produisent des huiles analogues quel que soit le bois ingéré (pin d'Alep, pommier, chêne, etc.). Par un processus comparable dans son uniformité, les Aphidiens qui sont tous au régime suçeur mettent en réserve des produits doués de caractéristiques très semblables.

GRAISSE DE PUCERONS DU TEREBINTHE

Pemphigus utricularius Pass., *P. cornicularius* Pass.

APERÇU BIOLOGIQUE. — Le Térébinthe (*Pistacia Terebinthus* L.) arbrisseau des plus répandus sur les coteaux incultes et arides de la région provençale est très fréquemment, on peut presque dire régulièrement parasité par des Aphidiens cécidogènes du genre *Pemphigus*. Les espèces que j'ai le plus habituellement rencontrées sont les *Pemphigus utricularius* Pass., *cornicularius* Pass., *semilunaris* Pass., *follicularius* Pass. et *pallidus* Derb. Ce sont les deux premières qui présentaient le plus d'intérêt pour le but que je me proposais : elles déterminent en effet des galles de dimensions considérables, globuleuses dans le premier cas, allongées en forme de cornes dans le second, dans lesquelles les Aphidiens sont groupés en nombre immense. Les galles des autres espèces sont de dimensions trop réduites pour qu'il ait été possible de recueillir un nombre suffisant d'individus. J'ai pu dans le cas des *P. utricularius* et *cornicularius* en grouper plusieurs millions. On les trouve mélangés à une substance cireuse pulvérulente qu'il est facile d'éliminer par triage mécanique et par lavage à l'éther qui ne la dissout pas. Le poids de ces pucerons du Térébinthe est évidemment très variable suivant leur âge; j'ai trouvé toutefois que leur poids moyen, calculé sur un assez grand nombre d'individus est voisin de 0 gr. 00018.

Le cycle évolutif de ces *Pemphigus* est extrêmement complexe; ils apparaissent sur le Térébinthe dans la dernière semaine d'Avril ou la première de Mai, au moment où les jeunes pousses commencent à inaugurer le nouveau feuillage. Les galls ont atteint tout leur développement vers le début de Septembre chez *P. utricularius* et vers la fin de ce mois chez *P. cornicularius*. Elles éclatent alors, livrant passage à des hémiptères ailés qui vont disséminer l'espèce sur les racines de diverses plantes herbacées où elle passe l'hiver. Au printemps a lieu l'accouplement après lequel les œufs demeurent au repos, très longtemps, jusqu'à la nouvelle invasion du Térébinthe qui se produit à la saison suivante. Les pucerons se multiplient parthénogénétiquement avec la plus grande activité pendant toute la durée de l'été.

Les individus que j'ai étudiés en très grand nombre ont été recueillis en Septembre, dans la période qui précède la transformation en insectes ailés.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Ces Aphidiens broyés et épuisés à l'éther m'ont fourni près de 20 p. 100 d'un produit solide, faiblement jaunâtre, cristallisant avec la plus grande facilité (voir Planche III). Par évaporation de la solution dans l'éther, cette graisse se présente sous forme de grandes rosaces formées d'aiguilles groupées radialement autour d'un centre. L'examen en lumière polarisée montre une croix de polarisation très nette. La graisse de *Pemphigus* est soluble dans l'alcool à 70° bouillant; elle se dépose par refroidissement en longues aiguilles d'un blanc neigeux, flexueuses, entrelacées, formant un feutrage léger.

Ce produit m'a fourni à l'analyse les chiffres suivants :

Point de fusion, 35°

Indice de saponification, 255

— d'iode, 1,5

Tandis que l'indice de saponification a toujours été remarquablement constant, l'indice d'iode mesuré sur des produits provenant de différentes extractions et recueillis en des stations différentes s'est monté parfois plus élevé, atteignant comme plus grande valeur 7,5.

Ces chiffres sont très remarquables : ils montrent qu'il s'agit d'une substance riche en acides saturés et à chaîne courte; la

valeur très élevée qu'atteint l'indice de saponification m'a fait penser qu'il y aurait intérêt à déterminer les indices de REICHERT-MEISSEL et de POLENSKE, le premier étant fonction de la quantité d'acides volatils solubles et le second d'acides volatils insolubles. J'ai obtenu :

Indice de REICHERT-MEISSEL, 9,9
— de POLENSKE, 24,7

Nous avons donc affaire à une graisse contenant beaucoup d'acides volatils et qui, de ce fait, peut être qualifiée de « beurre ». La proportion relative des acides volatils solubles et insolubles donne encore une indication intéressante : l'indice de POLENSKE est très supérieur à celui de REICHERT-MEISSEL. C'est le même fait qu'on observe chez le beurre de coco et l'inverse chez le beurre de vache.

Ce beurre de *Pemphigus* du Térébinthe ne contient que fort peu d'insaponifiable : j'ai trouvé par la méthode habituelle 1,7 p. 100. Il renferme très peu d'acides gras libres : un indice d'acide mesuré sur un échantillon préparé depuis 4 mois a donné 4,1 (en milligrammes de potasse). On sait que cet indice augmente avec le vieillissement du produit.

ETUDE DES ACIDES GRAS INSOLUBLES. — Les acides gras insolubles séparés par la méthode ordinaire à l'acide sulfurique et après lavage prolongé à l'eau distillée (jusqu'à neutralité de l'eau de lavage) se présentent comme une masse cristalline solide, très légèrement teintée en jaune paille. Ils m'ont fourni les chiffres que voici :

Point de fusion, 38°, 5
Indice de neutralisation, 256,9
Poids moléculaire moyen, 218.

On remarquera que le poids moléculaire moyen est bien plus faible que ceux que j'ai signalés dans les autres groupes d'insectes.

Dans le but de déterminer approximativement la composition de ces acides, je les ai transformés en éthers éthyliques en les dissolvant dans l'alcool absolu et en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique qui agit comme déshydratant et facilite l'éthé-

différents. Les autres acides obtenus ayant leurs échantillons aromatiques agréables après lavage et decantation ils ont été soumis à une distillation fractionnée sous pression réduite.

La première fraction obtenue avait l'indice de saponification 248.3, ce qui correspond au poids moléculaire 198.1. L'acide gras qui en a été extrait fondait à 45° K. Par une cristallisation et même par l'action de Magnésium stéarique, suivant la méthode de HENRI, il a fourni un produit dont le point de fusion était 45° K. Il s'agit évidemment d'acide laurique indice de saponification du laurate d'éthyle 245.6. Poids moléculaire de l'acide laurique 200. Point de fusion 45° 6'.

La deuxième fraction était solide et cristallisée à basse température. Point de fusion 17° 5'. Son indice de saponification était 248.3 correspondant au poids moléculaire 198.7. Les acides gras qui en ont été extraits fondaient à 46°. Il s'agissait d'un mélange de deux acides mais le n'a pu pousser plus loin le fractionnement en raison de la quantité insuffisante de produit.

Le beurre de palmiers de Madagascar est donc constitué par des glycérides de nombreux acides de la série saturée : acides valérien, caproïque, du groupe laurique, Acides par l'indice de saponification (MUSK) acides valérien, caproïque du groupe caproïque indice de POTTSSE, acide laurique, isole et caractérisé par son poids moléculaire et son point de fusion; acides supérieurs au moins jusqu'à l'acide palmitique.

Ce qui lui donne une physionomie propre et une place à part parmi les autres graisses d'insectes — place qu'il partage d'ailleurs avec les autres Aphidines — c'est la présence de quantités importantes d'acides appartenant aux termes inférieurs de la série saturée.

COMPARAISON DE BEURRE DE PEMPHEGUS AVEC D'AUTRES GRAISSES MÈLES CONNUS. — J'ai indiqué plus haut que le beurre de Pemphegus offre une remarquable analogie avec le beurre de Cera. En ce sens l'indiquent par la nomenclature les chiffres que j'ai obtenus avec ceux fournis par LÖNNERSTEN pour les produits fournis par les *Cocos nucifera* et *butyracea* :

Propriétés du beurre de Coco et de Dika

Point de fusion.....	25°	22° à 28°
Indice de saponification.....	255	249.5 à 262.4
— d'iode.....	1.5 à 7.5	2.25 à 9.5
— de REICHERT-MEISSL....	9.9	6.6 à 8.4
— de POLESSKY.....	24.7	16.2 à 18.2
Poids moléculaire moyen des acides gras insolubles.....	212	211
Indice de neutralisation des acides des gras insolubles.....	233.5	235

On voit que dans les deux cas les indices de saponification sont élevés, les indices d'iode faibles et les poids moléculaires moyens des acides gras insolubles, inférieurs à la normale.

Les analogies sont peut-être encore plus remarquables avec le beurre de Dika, produit par *Iringia gabonensis* :

Point de fusion, 23° (DUBREUIL)
Indice de saponification, 241 à 270
Indice d'iode, 3 à 5

Parmi les produits d'origine animale comparables au beurre de *Pemphigus*, il faut citer celui qui a été retiré du foie d'un crustacé décapode (*Birgus latro*), signalé par BOUYER (1891) et étudié par GÉRARD (1893). *Birgus latro* est un crabe terrestre bien connu qui se nourrit des fruits du Cocotier; son foie est très riche en graisse et celle-ci a une composition très voisine de celle du beurre de coco. Il s'agit donc simplement du dépôt hépatique d'une substance grasse très semblable à celle qui existe dans le régime alimentaire et qui a été déposée sans subir de modification profonde. Le produit retiré de *Birgus latro* a fourni notamment une quantité considérable d'acide laurique.

La présence d'acide laurique chez les Aphidiens du Térébinthe est un fait remarquable; cet acide qui est assez répandu dans les huiles et graisses végétales est bien plus rare dans la série animale et à ce titre sa présence méritait d'être soulignée.

GRAISSE D'*APHIS RUMICIS* F.

(= *A. papaveris* auct.)

Ital : *Pidocchio delle Fave*.

APERÇU BIOLOGIQUE. — C'est un Aphidien très répandu et qui paraît assez indifférent dans le choix de ses habitats; on le trouve sur des plantes très variées : sur les bourgeons et les jeunes pousses de fusain, de cytise, de vigne, sur le citronnier, le châtaignier et particulièrement sur le chêne; on le rencontre encore sur une multitude de plantes herbacées (pavot, oseille, etc.) et en grande abondance sur les légumineuses du genre *Vicia*. Les fèves sont spécialement attaquées : les sommités florales, les jeunes pousses sont recouvertes d'une couche ininterrompue de ces pucerons qui introduisent leur suçoir dans la plante parasitée et aspirent le liquide sucré dont ils se nourrissent. Dès que les parties végétales ainsi attaquées se fanent et sèchent, elles sont abandonnées pour d'autres gonflées de sucs. En fin de saison, *Aphis rumicis* F. envahit particulièrement les haricots et *Solanum nigrum* L.

Aphis rumicis F. est noir; sa longueur est voisine de 1^{mm} 4. Le poids moyen des individus bien développés est de 0 gr. 00076. Ceux que j'ai étudiés ont été recueillis sur les fèves (*Vicia faba* L.) en Mai. J'ai pu en obtenir un nombre considérable en raclant les tiges envahies.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Par épuisement à l'éther, *Aphis rumicis* F. m'a fourni une solution fortement colorée en brun-noirâtre; après distillation du dissolvant il est resté un produit solide, très bien cristallisé (voir Planche II, fig. 1), rappelant tout à fait celui que j'ai retiré des *Pemphigus* du Térébinthe. Le rendement est seulement beaucoup moins élevé : 7,5 p. 100 seulement.

La graisse d'*Aphis rumicis* se dissout facilement dans l'alcool chaud d'où elle cristallise par refroidissement. J'ai pu la décolorer presque entièrement en traitant la solution alcoolique bouillante par le noir animal et en filtrant. J'ai ainsi obtenu une substance qui possédait seulement une légère teinte jaune-orangé. Elle m'a donné les chiffres suivants :

Point de fusion, 31°, 5

Indice d'iode, 17,2

— de saponification, 265,7

Point de fusion des acides gras insolubles, 43°, 1

Indice d'iode — — — 20,1

Il s'agit évidemment d'un « beurre » très comparable à celui des *Pemphigus* du Térébinthe; toutefois l'indice d'iode, quoique encore très bas est un peu supérieur. L'indice de saponification est remarquablement élevé, ce qui indique une richesse très grande en acides à chaîne courte. L'analogie est encore plus frappante avec les graisses d'*Aphis rosae* L. et d'*Hyalopterus pruni* F. Il eut été très intéressant de déterminer les indices de REICHERT-MEISSEL et de POLENSKE : le peu de substance dont je disposais ne l'a pas permis.

GRAISSE D'APHIS ROSAE L.

APERÇU BIOLOGIQUE. — Le puceron vert du rosier est un des Aphidiens les plus répandus et les plus connus; on l'observe fréquemment en Mai-Juin sur les boutons floraux et les jeunes pousses de diverses variétés de rosiers; mais il est rarement groupé en nombre immense et il m'a été possible d'en recueillir seulement quelques grammes.

DONNÉES ANALYTIQUES. — La graisse d'*Aphis rosae* est une des graisses d'insectes les plus anciennement connues : dès 1831, BARRUEL avait obtenu en épuisant ces pucerons par l'alcool bouillant un produit d'une grande légèreté, composé de petites aiguilles flexibles et déliées entrelacées, pour lesquelles il a trouvé un point de fusion de 27 à 30°.

J'ai épuisé à l'éther de pétrole 3 grammes de pucerons du rosier et j'ai ainsi obtenu 0 gr. 195 de graisse, soit 6,5 p. 100. C'est un produit très faiblement coloré en jaune crème, qui se présente sous l'aspect cristallin habituel des graisses d'Aphidiens. Les rosaces obtenues à la première cristallisation sont de grandes dimensions (voir Planche IV, fig. 1); elles diminuent de taille au cours des recristallisations ultérieures. Cette graisse se dissout

facilement dans l'alcool chaud: par refroidissement, j'ai obtenu des aiguilles blanches entrelacées identiques à celles qui ont été signalées par BARRUEL. J'ai pu seulement, en raison de la minime quantité de produit dont je disposais déterminer les caractéristiques suivantes :

Point de fusion, 39°, 8

Indice d'iode, 16.2

Il est regrettable que les matériaux d'étude ne m'aient pas permis de pousser plus loin ces analyses.

GRAISSE D'*APHIS SAMBUCI* L.

Signalée en même temps que la précédente par BARRUEL, cette graisse paraît lui ressembler beaucoup: je n'ai pu malheureusement avoir à ma disposition qu'un petit nombre d'individus recueillis en Mai sur *Sambucus nigra* L.; j'ai seulement constaté qu'il s'agit encore d'une graisse à aspect cristallin (voir Pl. IV, fig. 2), rappelant celles que j'ai extraites d'*Aphis rumicis* F. et d'*A. rosae* L.

GRAISSE D'*HYALOPTERUS PRUNI* F.

(*A. pruni* = *A. prunifex*.)

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cet Aphidien vit habituellement sur le prunier, le pêcher, l'abricotier ou l'amandier. On le trouve en abondance sur les jeunes pousses et sur la face inférieure des feuilles.

Les jeunes éclosent au printemps et se multiplient en si grande abondance qu'ils arrivent à envahir même les grosses branches et le tronc. En automne apparaissent les formes sexuées qui déposent leurs œufs sur les rameaux, préparant ainsi une nouvelle éclosion pour le printemps suivant.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai eu à ma disposition 8 gr. 7 d'*Hyalopterus pruni* F. recueillis sur le pêcher. J'en ai extrait par l'éther de pétrole 0 gr. 5434, soit 6.2 p. 100 d'une graisse

solide, colorée en rouge-orangé et prenant facilement, comme celles des autres Aphidiens une forme cristalline :

Point de fusion, 33°, 5

Indice d'iode, 22,0

C'est un produit très voisin de ceux fournis par *A. rosae* L. ou *A. rumicis* F.

SECTION II. — *Graisse de cochenilles*

Le régime alimentaire des Coccides n'est pas sans analogies avec celui des Aphides : dans les deux cas il s'agit d'hémiptères suceurs de sève et on peut s'attendre à ce que cette similitude de nutrition entraîne une structure comparable des graisses de réserve. De même que les Aphides, les Coccides sont d'actifs producteurs de cire et plusieurs sont même utilisés industriellement à cet égard.

Dès 1860, HOPPE étudiant la graisse de *Coccus axin* du Mexique, parasite habituel d'Anacardiées du genre *Schinus* en avait retiré une graisse chez laquelle il signala de l'acide laurique. La graisse de *Coccus cacti* L. a été l'objet de recherches plus approfondies de PELLETIER, de LIEBERMANN, de RAIMANN et de HUERRE. C'est PELLETIER qui l'isola le premier par épuisement à l'éther : ce dissolvant laisse intacte la couche de cire (coccérate de coccéryle) qui forme un revêtement périphérique. La substance ainsi obtenue fut considérée comme formée de stéarine et d'élaïdine. LIEBERMANN eut le mérite de montrer que la stéarine de PELLETIER était en réalité de la myristine.

En 1911, HUERRE s'appliqua à identifier les acides liquides de la graisse de cochenille qui avaient été considérés jusqu'alors comme formés uniquement d'acide oléique. Il réussit à démontrer qu'il existe à côté de l'acide oléique un autre acide de la série $C^n H^{2n-4} O^2$ qui n'est autre que l'acide linoléique.

Épuisant par l'éther la variété de cochenille dite « argentée », HUERRE en a retiré 7,8 p. 100 de graisse. LIEBERMANN s'adressant à diverses variétés en avait retiré de 5,5 à 8 p. 100. Les caractéristiques du produit isolé par HUERRE sont :

Point de fusion, 32°
Indice d'iode, 50,5
— d'acide, 89 (en oléique)
— de saponification ?
— d'iode des acides totaux, 45,9
— — des acides libres, 44
Glycérides, 8 p. 100
Insaponifiable, 3 p. 100

Très remarquable est l'énorme proportion d'acides gras libres, non éthérifiés par la glycérine. L'insaponifiable est une substance orangée à indice d'iode élevé.

Voici la proportion relative des acides saturés et non-saturés :

Acides saturés, 57 p. 100
— non saturés, 43 p. 100

La portion saturée de ces acides est constituée uniquement par l'acide myristique $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$. LIEBERMANN a déterminé son point de fusion (53-54°) et son point d'ébullition sous une pression de 100 ^{mm} de mercure (248°).

Les acides non saturés consistent en acides oléique et linoléique. Le premier a été caractérisé par son indice d'iode (86. Celui de l'acide oléique pur : 90) et par sa transformation sous l'action des vapeurs nitreuses en acide élaïdique fondant à 43°.

La présence de l'acide linoléique a été démontrée par la méthode de HAZURA-REFORMATZKY que j'ai utilisée dans l'étude d'autres huiles (voir huile de *Pyrausta nubilalis* Hübn.) : oxydation par le permanganate alcalin et transformation en acide tétraoxystéarique (acide sativique). Cet acide purifié par recristallisation dans l'acide acétique fondait à 169-170 (le point de fusion théorique étant 171-173).

Les acides de la graisse de Cochenilles ont donc la composition suivante :

Acide oléique, 35 p. 100
— linoléique, 8 p. 100
— myristique, 57 p. 100

Il faut retenir de ces analyses un fait important : c'est la tendance à la mise en réserve chez la Cochenille d'un pourcentage élevé en acides saturés à chaînes plus courtes que la

moyenne (57 p. 100). La présence d'une semblable quantité d'acide myristique est tout à fait remarquable et doit être rapprochée de ce que j'ai constaté chez les Aphidiens très riches en acides saturés à chaînes courtes. La découverte d'acide laurique par HOPPE chez une autre cochenille est encore un point de ressemblance. Il semble bien que les analogies de nutrition que je signalais au début entraînent quelque similitude dans la constitution des graisses de réserve.

CHAPITRE V

Huiles d'Orthoptères et de Pseudonévroptères

Les Orthoptères ont fourni jusqu'à présent des huiles de deux types bien différents : les Locustides produisent généralement des glycérides à indices d'iode assez élevés, donnant des bromures insolubles dans l'éther et beaucoup d'insaponifiable. Les Blattes et les Courtilères ont des indices d'iode beaucoup plus faibles.

Une différence analogue existe parmi les Pseudonévroptères entre les huiles d'*Eschna* et de Termites que j'ai étudiées.

HUILES D'*ACRIDIDIUM PEREGRINUM* OLIV.

Famille : *Locustidae* (anciennement *Acridiidae*)

Les huiles d'Acridiens ont pris ces dernières années une certaine importance industrielle : on a essayé de tirer parti sur une vaste échelle des redoutables ravageurs que sont les criquets nord-africains. Selon UBBELHODE (1920), une tonne de ces Orthoptères fournirait 160 kilos d'huile brute, soit un rendement de 16 p. 100. L'huile de Criquets a été préconisée comme huile de graissage pour les moteurs d'avions, chez lesquels elle donnerait paraît-il des résultats très satisfaisants.

C'est depuis 1893 qu'est connue l'huile d'œufs d'*Acridium peregrinum* Ol. préparée par R. DUBOIS dans le Sud-Algérien. Les œufs étaient recueillis en grand nombre et soumis à la presse, puis épuisés avec un mélange d'alcool et d'éther. Le rendement atteignait ainsi 4 à 5 p. 100.

L'huile préparée par R. DUBOIS était limpide, jaune d'or. Elle avait une odeur herbacée à l'état frais et paraissait comparable à l'huile d'œufs de poules.

R. DUBOIS n'a indiqué aucune des constantes chimiques qui auraient permis de classer cette huile de façon précise. Il a tou-

tefois souligné un caractère important, c'est la très forte teneur en phosphore : 1,92 p. 100 (évalué en $P^2 O^5$). C'est là un caractère qui rapproche ce produit de l'huile de jaunes d'œufs où se trouvent aussi beaucoup de phosphatides.

HUILE DE *DOCIOSTAURUS MAROCCANUS* THUNB.

(= *Stauronotus maroccanus* Azam.)

Famille : *Locustidae* (sens. nov.)

Ss. fam. *Truxalinae*.

APERÇU BIOLOGIQUE. — Espèce commune dans l'Afrique du Nord où elle exerce de grands dégâts. Elle remonte aussi en Europe, particulièrement en Italie méridionale, en Sicile, en Sardaigne. En France des invasions ont été signalées dans la Crau (P. VAYSSIÈRE).

La ponte a lieu en Juillet-Août; les œufs passent l'automne et l'hiver, l'éclosion n'ayant lieu qu'au printemps suivant. Les spécimens que j'ai étudiés étaient des jeunes recueillis en Avril aux environs de Mascara (Algérie).

DONNÉES ANALYTIQUES. — 200 grammes de *Dociostaurus maroccanus* Thb. ont été broyés et épuisés à l'éther. J'en ai retiré par ce procédé 6 gr. 6 d'huile, soit 3,3 p. 100. Cette huile était fortement colorée en brun-rougeâtre. Voici ses constantes :

Indice de réfraction = 1,4731 à 25° (observé)
1,4769 à 15° (calculé)

Indice d'iode, 109,9

— de saponification, 181,0

Insaponifiable, 11,1 p. 100

Bromures insolubles dans l'éther, 1,6 p. 100

Les acides gras sont cristallisés, jaunes :

Point de fusion, 33° 2

Indice d'iode, 110,6

J'ai pu établir de façon certaine la présence d'acide linoléique : j'ai en effet isolé un acide bromé qui après cristallisation dans le benzène fondait à 179°.

Il est à remarquer que cette huile prend place parmi les huiles demi-siccatives : elle est à classer à côté de celles fournies par *Thaumetopara pityocampa* Sch. et *Leptinotarsa decemlineata* Say.

HUILE D'ORTHACANTHACRIS AEGYPTIA L.

Criquet égyptien

Famille : *Locustidae* (sens. nov.)

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce gros criquet est abondant dans le midi de la France : il est cantonné selon P. GRASSÉ (1922) dans la zone de l'olivier. Son alimentation consiste en feuilles d'arbres ou de plantes herbacées variées : TARGIONI-TOZZETTI a remarqué qu'il devore avec prédilection les feuilles de tabac : il mange aussi le chêne vert, l'orme, l'olivier et la vigne.

Cet orthoptère hiverne à l'état adulte ; la ponte a lieu en Mai-Juin. Les œufs se développent immédiatement et donnent en Août un insecte qui a atteint toute sa taille.

DONNÉES ANALYTIQUES. — En épuisant *Orthacanthacris aegyptia* L. par l'éther j'en ai retiré 2,57 p. 100 d'huile. C'est un liquide visqueux, jaune, légèrement verdâtre.

Indice de réfraction, 1.4676 à 25° (observé)

1.4714 à 15° (calculé)

Indice d'iode, 97.6

— de saponification, 198.9

C'est une huile demi-siccative, semblable à celle des larves d'*Eschna*.

HUILE D'OXYA JAPONICA WILLEMSE

Famille : *Locustidae*

Cette sauterelle japonaise a été étudiée tout récemment par Tsumoro (1929). L'auteur indique que 100 insectes lui ont fourni par extraction à l'éther au Soxhlet 1 gr. 41 d'huile, soit

un rendement de 3 p. 100. Cette huile est jaune verdâtre, d'une odeur particulière, désagréable.

Densité à 18°, 0,9688

Indice d'acide, 44,3

— d'iode, 122,6

— de saponification, 171,5

Insaponifiable, 15,75 p. 100

Les acides gras constituent un liquide jaune-verdâtre avec quelques parties solides :

Indice de neutralisation, 196,0

— d'iode, 150,8

Bromures insolubles dans l'éther, 37,4 p. 100

— — dans l'éther de pétrole, 56,8 p. 100

Les premiers bromures fondaient à 178° et contenaient 62,4 p. 100 de brome. C'était donc de l'acide hexabromostéarique $C^{18}H^{30}O^2Br^6$. Par la méthode des sels de plomb, l'huile a donné environ 75 p. 100 d'acides liquides.

Quelques particularités sont très remarquables : teneur élevée en insaponifiable et proportion importante d'acide linoléique. En outre, acidité de l'huile primitive assez notable.

HUILE D'ACHETA MITRATA BURMEIST.

Famille : *Gryllidae*

Grillon japonais étudié en même temps que le précédent par TSUJIMOTO. En épuisant 435 individus, l'auteur a retiré 10 gr. 8 d'huile. Le rendement ne dépasse pas 2,4 p. 100. C'est une huile sombre, de couleur vert-bleu et d'odeur désagréable.

Densité à 19°, 5, 0,9312

Indice d'acide, 58,7

— d'iode, 116,0

— de saponification, 181,5

Insaponifiable, 11,32 p. 100

Les acides gras sont caractérisés comme il suit :

Indice d'iode, 124,3

— de neutralisation, 202,4

Bromures insolubles dans l'éther, 6,9 p. 100

— — dans l'éther de pétrole, 42,4 p. 100

Les bromures insolubles dans l'éther fondaient à 177-178° et contenaient 63,12 p. 100 de brome. C'était donc, comme dans le cas précédent de l'acide hexabromostéarique, mais la proportion en est moins élevée. L'insaponifiable contient 45,4 p. 100 de stérol (cholestérol ?)

HUILE DE COURTILIERES

Gryllotalpa vulgaris Latr.

Famille : *Gryllidae*.

Rhizophage vorace très connu par ses dégâts, cet Orthoptère m'a donné une huile très différente de celle des grillons japonais étudiés par TSUJIMOTO.

4 courtilières pesant 16 gr. 4 ont été épuisées à l'éther de pétrole. Le produit ainsi extrait était une huile jaune, inodore : le poids atteignait 1 gr. 1480, soit 7 p. 100.

Indice de réfraction = 1,4650 à 28° (observé)
1,4699 à 15° (calculé)

Indice d'iode, 69,0
de saponification, 198,6

Cette huile a un indice d'iode beaucoup plus faible que celle d'*Acheta mitrata* Burm. Elle présente de très grandes ressemblances avec les huiles de Blatte, de Hanneton et de Cétoine dorée.

HUILE DE *BLATTA ORIENTALIS* L.

(= *Periplaneta orientalis* Auct.)

Famille : *Blattidae*

Insecte essentiellement polyphage qui hante les maisons mal tenues, les cuisines malpropres, les boulangeries, les magasins,

etc., la blatte dévore indifféremment des substances organiques de n'importe quelle origine.

J'ai opéré sur un très grand nombre d'individus qui ont été épuisés au chloroforme. L'huile extraite dans la proportion de 4,3 p. 100 était jaune, mobile et possédait une odeur repoussante et pénétrante.

Indice d'iode, 68,8

— de saponification, 198,6

Point de fusion des acides gras insolubles, 22° 5

Ces chiffres indiquent qu'il s'agit d'une huile du type « huiles d'animaux terrestres » très semblable à celle de la courtilière.

HUILE D'*ÆSCHNA* SP.

Famille : *Libellulidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Les laves d'*Æschna* se rangent parmi les insectes prédateurs; ce sont de redoutables adversaires des paisibles habitants des eaux douces; leur agilité et leur parfaite adaptation au milieu leur permettent de se procurer facilement des proies.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai analysé 30 larves d'*Æschna* dont le poids total atteignait 25 grammes; ces larves traitées par l'éther m'ont donné 2,5 p. 100 d'huile.

C'est un liquide de couleur jaune citron et d'odeur spéciale, rappelant celle de l'eau marécageuse. Son indice d'iode est de 103,1. Il faut remarquer la faible valeur de la teneur en huile, qui est de règle chez les prédateurs.

HUILE DE NYMPHES DE TERMITES

J'ai étudié une huile de Termites du Brésil d'espèce inconnue. Les individus recueillis à Parahyba-do-Norte étaient des nymphes ailées bien développées.

39 gr. 5 de ces nymphes, représentant environ 2500 indi-

vidus m'ont donné par épuisement à l'éther 2 gr. 4278 d'huile, soit 6.14 p. 100. C'est une huile faiblement jaunâtre, déposant abondamment au repos, très visqueuse.

Indice d'iode, 55.2

— de saponification, 195.7

Point de fusion des acides gras insolubles, 32° 6

Cette huile ressemble beaucoup à celle que j'ai extraite des larves de *Vespa cincta* F. de l'Inde Anglaise.

CHAPITRE VI

Huiles et graisses de Diptères et d'Hyménoptères

Presque tous les Diptères étudiés fournissent des huiles à indices d'iode moyens, toujours inférieurs à 100; leur teneur en corps gras est en général peu élevée. Dans le cas particulier des *Chironomus*, NORMANN a trouvé une graisse consistante d'un type spécial.

Je n'ai étudié qu'un petit nombre d'huiles d'Hyménoptères; aucune ne possède un fort indice d'iode. Quelques Hyménoptères fournissent des graisses solides (nymphe d'*Apis dorsata* F.).

HUILE DE *CALLIPHORA ERYTHROCEPHALA* MEIG.

Famille : *Muscidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — C'est une de nos « mouches à viande » les plus communes; elle est plus fréquente que *Calliphora vomitoria* L. avec laquelle elle a été souvent confondue. L'évolution de ce Diptère est rapide et de nombreuses générations se succèdent en toute saison. J'ai noté au début de l'éclosion une prédominance numérique des femelles sur les mâles; dans la suite, cette différence qui était très nette (statistique portant sur des centaines d'individus) s'est atténuée et a disparu. Je pense donc que les mouches ♀ sont non pas plus nombreuses, mais d'éclosion plus précoce que les ♂. Le poids moyen de chaque individu est voisin de 0 gr. 0527.

On sait que les larves de *Calliphora* possèdent de puissantes diastases protéolytiques. Les intéressantes recherches de WEINLAND (1906) se sont efforcées d'établir que ces Diptères peuvent synthétiser des graisses aux dépens d'une alimentation exclusivement protidique. WEINLAND élevait des larves de *Calliphora* sur de la peptone de Witte ou bien sur de la viande hachée dégrais-

sée; il constatait une néoformation de graisses; il eut l'idée de réaliser la même expérience en opérant non plus à l'aide de larves entières et vivantes, mais au moyen du produit de broyage de ces larves; il reconnut alors que la lipogenèse continuait et qu'elle était même plus intense dans ce dernier cas, les diastases n'ayant pas été altérées et étant sans doute mieux libérées.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Les représentants de *Calliphora erythrocephala* Meig. que j'ai étudiés provenaient de larves ayant vécu dans la tête d'un Dauphin (*Tursiops* sp.). Cette particularité est intéressante à noter, car on verra combien grandes sont les différences entre les huiles de *Calliphora* et de *Tursiops*.

J'ai traité séparément un grand nombre de mouches ♂ et ♀, pensant qu'il pourrait y avoir une différence quantitative liée au sexe :

533 ♀ pesant 28 gr. 09 ont fourni par épuisement à l'éther 0 gr. 9292 d'huile jaune, limpide. Le rendement atteint donc 3,3 p. 100 et 0 gr. 00174 par individu.

458 ♂ pesant 24 gr. 13 ont fourni 0 gr. 8306 d'huile, semblable à la précédente, soit 3,4 p. 100 et 0,00181 par individu. On voit que dans ce cas aucune différence sensible n'existe entre les deux sexes au point de vue de la teneur en corps gras : les pourcentages sont presque indentiques.

Ces huiles de *Calliphora* sont très fluides, ne déposent pas et sont douées d'une odeur nauséuse repoussante, caractéristique. J'ai déterminé comparativement les indices d'iode et j'ai obtenu les chiffres suivants :

Huile de *Calliphora* ♂ 80,7

Huile de *Calliphora* ♀ 79,1

A ce point de vue encore on ne peut saisir aucun écart notable entre les deux sexes.

Enfin j'ai déterminé les caractéristiques suivantes :

Indice de réfraction (♀) 1.4665 à 20°5 (observé)

1.4667 à 20° (calculé)

— de saponification, 201,4

Point de fusion des acides gras insolubles, 29° 7

L'attention doit être attirée sur le fait que l'indice de saponification présente une valeur très ordinaire, bien inférieure à

celle des indices de saponification des diverses huiles de Tête de Dauphin, d'où la conclusion que l'huile de *Calliphora* n'est pas du tout un produit résultant de l'assimilation directe des glycérides alimentaires, mais plutôt un produit de synthèse. Cette opinion confirme pleinement les résultats que WEINLAND a tirés de ses expériences.

C. S. ENGEL a proposé pendant la guerre d'utiliser la larve de *Calliphora vomitoria* L. comme agent producteur de graisses dont l'Allemagne manquait gravement. Cet auteur exposait des déchets de têtes de poissons au soleil, les soumettant ainsi à la ponte des *Calliphora*. En peu de temps ces résidus inutilisables étaient couverts d'une multitude d'œufs qui éclosaient et se développaient très rapidement. Au bout de quelques jours les larves étaient tuées à l'eau bouillante : elles s'accumulaient ainsi à la surface où elles étaient facilement recueillies. ENGEL obtenait par ce procédé un rendement de 4,5 p. 100, chiffre faible si on le compare à celui que m'ont fourni beaucoup de larves xylophages ou amylophages.

HUILE D'*ERISTALIS TENAX* L.

(= *Musca porcina* Deg.)

Famille : *Syrphidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Ce Syrphide est extrêmement commun partout dans les jardins et les campagnes; on le trouve à l'état imaginal sur un grand nombre de fleurs et particulièrement sur les inflorescences d'Ombellifères et de Composées. La larve très caractéristique avec son long siphon respiratoire vit dans les flaques d'eau sale où elle se nourrit de microorganismes : algues, diatomées, etc...

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai pu avoir à ma disposition environ 640 larves d'*Eristalis tenax* L. représentant un poids de 52 grammes. Ces larves ont été après broyage et déshydratation épuisées au chloroforme. J'ai ainsi extrait 0 gr. 9243 d'huile, soit une proportion de 1,77 p. 100. Cette huile possédait une couleur verdâtre et une odeur fétide intense. Il est à remarquer que le

rendement est faible, inférieur à celui (déjà faible) des autres Diptères étudiés.

Un indice d'iode mesuré sur cette huile m'a donné le chiffre 63,2. Après un long repos elle dépose de la « stéarine ».

HUILE DE *PEGOMYIA ULMARIA* RD.

Anthomyidae

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cet Anthomyide vit à l'état larvaire dans des champignons : c'est une larve mycophage. Les individus que j'ai étudiés se développaient dans *Pholiota aegeita* Fr. La détermination a été faite sur l'imago après élevage.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai retiré de ces larves 5,6 p. 100 d'huile, par épuisement à l'éther. C'est un liquide limpide, légèrement jaunâtre, inodore. Il a déposé après un long repos quelques cristaux de « stéarine ». J'ai déterminé seulement l'indice d'iode 70,6.

GRAISSE DE *CHIRONOMUS*

(Nématocères, *Chironomidae*)

APERÇU BIOLOGIQUE. — Les larves de *Chironomus* sont aquatiques et se rencontrent en abondance dans les rivières et les lacs. Les imagos sont de petits insectes qui volent par millions le soir au-dessus des pièces d'eau et des cascades.

DONNÉES ANALYTIQUES. — NORMANN a décrit en 1913 une graisse qu'il a extraite de *Chironomus stercorarius* Deg. et *Ch. plumosus* L., ainsi que du Tipulide *Trichocera hiemalis* Deg.

Environ 141.000 moucheron pesant 12 grammes ont été épuisés au benzène; ils ont fourni ainsi près de 1 gr. de graisse soit un rendement de 8,3 p. 100.

L'auteur ne donne pas l'indice d'iode ni l'indice de saponification; il indique seulement que cette graisse constitue une masse colorée en brun, mi-solide, d'odeur particulière, désagréable. Elle contient 10,2 p. 100 d'insaponifiable. Après un long séjour à l'air elle s'oxyde en devenant dure comme du vernis.

HUILE DE *GASTROPHILUS INTESTINALIS* DEG.

Famille : *Æstridae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — La larve de *Gastrophilus intestinalis* Deg. est un parasite habituel du cheval; elle vit fixée sur la muqueuse de l'estomac aux dépens de laquelle elle se nourrit; on n'est pas très bien éclairé sur la nature exacte de son alimentation; certains auteurs pensent que cette larve consomme les leucocytes dont sa présence détermine l'afflux, mais cette opinion demanderait à être mieux établie. J'ai pu disposer d'un grand nombre d'individus recueillis à l'abattoir.

DONNÉES ANALYTIQUES. — J'ai extrait de la larve de *Gastrophilus intestinalis* Deg. 5 p. 100 d'huile, par épuisement à l'éther. Le produit ainsi obtenu se présente comme un liquide visqueux, faiblement coloré en jaune pâle et doué d'une odeur qui rappelle celle de l'huile de pieds de bœuf.

Indice de saponification, 200,8

— d'iode, 70,2

J'ai trouvé au cours de nombreuses analyses un indice d'iode supérieur à celui que j'ai indiqué (1927 a). Je pense que le chiffre primitif trop faible devait résulter du vieillissement de l'huile étudiée.

Si l'on compare l'huile d'œstre à la graisse *moyenne* de cheval, on voit que l'indice de saponification est très légèrement supérieur et l'indice d'iode du même ordre de grandeur selon les chiffres donnés par AMTHOR et ZINK, par NUSSBERGER, par HEIDUSCHKA et STEINDRUCK.

HUILE DE *CAMPONOTUS VAGUS* SCOP.

Syn. *C. pubescens* Scop.

Famille : *Formicidae*

APERÇU BIOLOGIQUE. — Cette fourmi habite les cavités creusées dans les arbres morts; elle ne fore pas elle-même les galeries

où elle se loge, mais se contente en général d'utiliser celles qui ont été creusées par d'autres insectes (chenilles de *Cossus* en particulier). Les individus que j'ai étudiés ont été recueillis dans un tronc de peuplier mort (*Populus alba* L.). Les larves étaient groupées en amas très nombreux qu'il était facile de recueillir. Cette récolte a été faite en Juin.

DONNÉES ANALYTIQUES. — Un très grand nombre de larves de *Camponotus vagus* Scop. pesant 95 grammes ont été épuisées à l'éther. J'en ai retiré 2 gr. 32 d'huile, soit 2,45 p. 100. Cette huile était jaune, transparente, d'une odeur caractéristique, un peu piquante. Au bout d'un long repos elle a abandonné un léger dépôt cristallin.

J'ai obtenu :

Indice d'iode. 68,5

— de saponification, 197,5

Point de fusion des acides gras insolubles, 33° 5

Indice d'iode — — — 71,8

Les acides liquides séparés selon TORTELLI et RUGGERI ont fourni un indice d'iode de 93,9, ce qui permet de calculer que l'huile renferme 73 p. 100 d'acides non-saturés et 22 p. 100 d'acides saturés.

On voit que ces larves de fourmis ne contiennent qu'une assez faible proportion d'huile; cette teneur est surtout faible si on la compare à celle des imagos de *Crematogaster scutellaris* Ol.

L'huile de *Camponotus vagus* Scop. appartient au même type et se range dans la même catégorie que celle d'*Ergates faber* L.

HUILE DE CREMATOGASTER SCUTELLARIS OL.

Famille : *Formicidae*.

APERÇU BIOLOGIQUE. — J'ai recueilli en Février environ 9000 individus neutres de *Crematogaster scutellaris* Ol. qui hibernaient dans un tronc d'arbre mort. Il s'agit d'une fourmi très commune, très vorace, que l'on voit fréquemment défiler en processions interminables sur les murs des fermes, des écuries et autres batiments des campagnes.

DONNÉES ANALYTIQUES. — 25 grammes de ces fourmis ont été broyés avec du sable et épuisés à l'éther. J'en ai retiré une substance pâteuse, de couleur rougeâtre et d'odeur très spéciale. Le poids obtenu atteignait 2 gr. 72, soit 10,9 p. 100.

Indice d'iode, 62,4

— de saponification, 180,2

La teneur en huile est assez élevée : elle est bien supérieure à celle des larves de *Camponotus*.

HUILE DE *VESPA CINCTA* F.

Famille : *Vespidae*

J'ai extrait une huile de larves de guêpes de l'Inde Anglaise. C'est une espèce de grande taille, comparable à nos frelons indigènes.

50 larves pesant 46 grammes m'ont donné par épuisement à l'éther de pétrole 3 gr. 1043, soit 6,7 p. 100 d'huile. C'est un liquide presque incolore, déposant abondamment après un long repos.

Indice d'iode, 61,3

— de saponification, 202,3

GRAISSE D'*APIS DORSATA* F.

Famille : *Apidae*

C'est l'abeille sauvage de l'Inde. J'ai analysé une graisse que j'ai extraite des nymphes.

125 grammes de nymphes m'ont donné par l'éther de pétrole 5 gr. 9712, soit 4,7 p. 100. C'est une graisse jaune, inodore.

Point de fusion, 37° 5

Indice d'iode, 49,4

de saponification, 189,2

Il s'agit manifestement d'une véritable graisse et non pas d'une cire comme le prouve l'indice de saponification. Son indice d'iode est faible.

TROISIÈME PARTIE

Conclusions générales

Discussion et interprétation des résultats

I

Classification et affinités des graisses d'insectes

Je viens de décrire une soixantaine de types d'huiles et de graisses d'insectes; sur ce nombre, plus de cinquante sont nouvelles et n'avaient encore été l'objet d'aucune recherche. Je parle bien entendu des graisses *vraies*, laissant de côté ce qui a trait aux cires, substances qui ont été longuement étudiées chez les Hémiptères et les Hyménoptères.

On ne peut manquer d'être frappé de la diversité considérable de structure chimique que présentent ces graisses d'insectes : les indices physiques et chimiques qui les caractérisent offrent des valeurs extrêmement différentes; par suite il est tout indiqué d'essayer d'introduire de l'ordre dans ces résultats et d'établir un classement méthodique. Il y aura lieu, après ce travail, d'interpréter les rôles des facteurs qui déterminent ces différences et de juger l'importance relative de chacun.

La classification des corps gras la plus usitée est basée sur la valeur de l'indice d'iode en même temps que sur la consistance physique des produits; l'application de cette méthode aux graisses d'insectes conduit à distinguer les catégories suivantes :

1° HUILES A INDICES D'IODE TRÈS ÉLEVÉS (correspondant aux huiles siccatives (1) : *Saturnia pyri* Schiff. (indice d'iode 164,5),

(1) J'utilise ce terme, bien qu'il n'ait pas par lui même de signification physiologique parce que son usage est consacré dans la technologie des corps gras et parce qu'il est une expression de l'indice d'iode.

S. Pernyi Guer. (140,4), *Vanessa urticae* L. (159,9), *Pieris brassicae* L. (149,9), *Malacosoma franconica* Esp. (138), *Arctia caja* L. (133,3).

2° HUILES A INDICES D'IODE ASSEZ ÉLEVÉS (correspondant aux huiles demi-siccatives) : *Thaumetopoea pityocampa* Sch. (112), *Asura conferta* Walk. (102,9), *Heliotaurus menticornis* Reitt. (104,4), *Lymantria dispar* L. (106,9), *Leptinotarsa decemlineata* Say. (imagos : 108,6), *Æschna* sp. (103).

3° HUILES A INDICES D'IODE MOYENS OU FAIBLES du type « huiles d'animaux terrestres » : *Ergates faber* L. (68,5), *Cerambyx Scopolii* Füssl. (80,7), *Rhagium inquisitor* L. (80,5), *Cebrio gigas* F. (80,8), *Cetonia aurata* L. (71,2), *Cossus ligniperda* F. (76,2), *Pyrausta nubilalis* Hübn. (80,8), *Ephestia figulilella* Greg. (65,4), *Camponotus vagus* Scop. (68,5), *Calliphora erythrocephala* Meig. (80,7), *Pegomyia ulmaria* Rd. (70,6).

4° GRAISSES A INDICES D'IODE ASSEZ ÉLEVÉS (demi-siccatives) : *Pieris brassicae* L. (chrysalides 100,5), *Leptinotarsa decemlineata* Say. (larves 121,9), *Galerucella luteola* Müll. (imagos 118,2), *Colaspidema atra* Ol. (113,4)

5° GRAISSES A INDICES D'IODE MOYENS OU FAIBLES : *Oryctes nasicornis* L. (41), *Rhynchophorus palmarum* L. (39,8), *Apis dorsata* F. (nymphe 49,4).

6° GRAISSES A INDICES D'IODE TRÈS FAIBLES ET INDICES DE SAPONIFICATION TRÈS ÉLEVÉS (BEURRES) :

Aphidiens : *Pemphigus utricularius* Pass., *P. cornicularius* Pass. (1,5 à 7,5), *Aphis rosae* L. (16,2), *A. rumicis* F. (17,2), *Hyalopterus pruni* F. (22,0).

Ces résultats appellent quelques observations : un fait d'abord est très remarquable, c'est que toutes les huiles du premier groupe appartiennent à des chenilles de Lépidoptères (1). C'est là une coïncidence qui ne saurait être fortuite; il existe deux manières de l'interpréter : 1° il s'agirait d'une disposition phy-

(1) Une réserve s'impose cependant : ceci n'est vrai que pour les espèces étudiées dans ce travail et leur nombre est bien minime en regard de celles qui peuplent le monde : on ne peut donc préjuger des découvertes de l'avenir.

siologique et biochimique propre aux Lépidoptères; 2° ce serait le résultat d'une alimentation particulière au plus grand nombre de ces insectes. Je me propose de discuter ces questions dans un paragraphe ultérieur.

Un autre fait est non moins remarquable : c'est à l'autre extrémité de la série, l'uniformité des beurres d'Aphidiens avec leurs indices d'iode si faibles; la même explication théorique est applicable.

Le groupe qui paraît le plus largement représenté et qui est en tous cas le plus classique est celui des huiles non-siccatives du type « huiles d'animaux terrestres » de LEWKOWITSCH. Les représentants de cette catégorie ont des indices d'iode oscillant de 65 à 90. A ce groupe appartiennent un grand nombre de Cérambycides, Buprestides, Curculionides, Elatérides, les larves de fourmis, presque tous les Diptères, etc...

Il est intéressant de rechercher quels sont les groupes animaux (et même végétaux) chez lesquels s'observent des corps gras comparables à ceux que je viens de décrire.

Des huiles à indices d'iode atteignant une valeur aussi élevée que chez *Saturnia pyri* Schiff. (164,5) se trouvent surtout chez les animaux marins : huiles de Sardines, de Saumons, de Menhadens, etc., huiles de foies de Sélaciens. Mes recherches montrent donc que les indices d'iode très élevés ne constituent aucunement un monopole des animaux marins, bien qu'ils soient particulièrement fréquents chez ce groupe d'êtres vivants.

Les huiles correspondant à celles de la catégorie suivante se rencontrent aussi en abondance chez les animaux marins (*Torpedo marmorata* 107,3, *Orthogoriscus mola* 102,7) ; ce sont celles qui se rapprochent des huiles végétales de Sésame et de Coton.

Les huiles du troisième groupe (*Ergates faber* L., *Pyrausta nubilalis* Hübn.) ressemblent à celles qui sont décrites dans les traités classiques (LEWKOWITSCH, UBBELHODE, etc.) sous les noms d'huiles de pieds de mouton (indice d'iode 74), de pieds de bœuf (69,7) ou de jaune d'œuf (68-81).

Les graisses demi-siccatives telles que celles que j'ai rencontrées chez les chrysalides de *Pieris brassicae* ou chez la larve de *Colaspidema atra* Ol. sont comparables aux graisses de lièvre (102,2) ou de coq de bruyère (121,1).

Le produit que nous avons la larve d'*Phrynos macleodensis* L. peut être rapproché du suif de bœuf (38-40).

Telle les *Zeugma* et *Aphidius* montrent de curieuses analogies avec le beurre de coco (8,5) ou le beurre de Dika (5,2).

Je n'ai trouvé en aucun cas des huiles semblables à celles des *Cimex*, *Diaperis*, *Puccinia* à indices d'iode très faibles et indices de saponification très élevés.

II

Teneur en graisse des insectes

Les insectes ou plus exactement certains insectes, comptent parmi les animaux les plus riches en corps gras : les pourcentages atteignent chez eux, dans quelques cas une valeur supérieure au quart du poids total de l'organisme : il est nécessaire pour fixer les idées à ce sujet de donner, à titre de comparaison quelques chiffres glanés dans les autres groupes du règne animal, afin de les mettre en regard de ceux que j'ai obtenus.

Une remarque préliminaire s'impose : les chiffres que je donne pour les insectes comportent en général une signification beaucoup plus précise que ceux qui ont été obtenus par différents auteurs chez des mammifères ou des poissons : ils expriment en effet des moyennes réparties sur un nombre parfois considérable d'individus : j'ai eu à ma disposition plus de 20.000 chenilles de *Pyrausta nubilalis* Hüb., des milliers de larves de *Colaspodema atra* Ol. et des millions de *Pemphigus utricularius* Pass. et *cornicularius* Pass. Une cause d'erreur résultant de ce que l'on expérimente sur un individu anormal, atteint d'une manifestation pathologique quelconque se trouve de ce fait écartée. Les chiffres donnés par TERROINE montrent qu'elle est l'amplitude des variations individuelles chez les vertébrés.

Je donne d'abord à titre de comparaison quelques chiffres trouvés par différents auteurs au moyen de méthodes variées. Je rapporte toujours à 100 parties pondérales d'animal vivant :

Souris ♂	3.25	(BOYCOTT et DAMANT)
Souris ♀	7.0	—
Souris	7.19	(INABA)
Brème	4.5	—
Brochet	0.78	—
Grenouilles. .	2.4	(SHIBATA)

Chez les animaux utilisés industriellement pour l'exploitation des corps gras le rendement est plus élevé. C'est ainsi que selon O. SUND (1911) chez les sprats pêchés sur les côtes de Nor-

vège, la teneur en corps gras atteint 15 p. 100 (au maximum) vers la fin de l'été. Les chiffres fournis pour le hareng sont du même ordre de grandeur selon EINAR LEA (1911).

Les recherches de FACE et LEGENDRE ont montré que chez les sardines la plus grande richesse en huile ne s'élève pas au dessus de 16 à 17 p. 100 (vers le 15 septembre).

D'autre part, E. ANDRÉ indique (1927 a) qu'un Dauphin de 80 à 90 kilos fournit : 1° 125 gr. d'huile de machoire; 2° 500 gr. d'huile de « melon »; 3° 6 à 7 kilos d'huile de lard, au total 7 k. 625 environ, soit au maximum 9,5 p. 100.

Ceci posé, voici quels sont les pourcentages en corps gras que m'ont fournis un certain nombre de larves d'insectes; les chiffres sont très variés et font apercevoir des différences considérables. On peut distinguer les groupes suivants :

1° Larves à rendement très élevé.

Espèce	Position systématique	Rendement
		p. 100
<i>Balaninus elephas</i> Gyll.	Coléoptère Curculionide.	28
<i>Cossus ligniperda</i> F.	Lépidoptère Cosside.	27,5
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.	Lépidoptère Pyralide.	26,5
<i>Larva irresecta</i> Fabr.	Coléoptère Lariide.	23,6
<i>Rhynchophorus palmarum</i> L. ..	Coléoptère Curculionide.	22,3
<i>Ephestia figulilella</i> Gregs.	Lépidoptère Pyralide.	21,4
<i>Pemphigus utricularius</i> Pass. ..		
<i>P. cornicularius</i> Pass.	Hémiptères Aphides.	19,5

2° Larves à rendement moyen :

Espèce	Position systématique	Rendement
		p. 100
<i>Tenebrio molitor</i> L.	Coléoptère Ténébrionide.	14,5
<i>Cebrio gigas</i> F.	Coléoptère Cébrionide.	14,4
<i>Eurythyrea marginata</i> Oliv. ...	Coléoptère Buprestide.	13,2
<i>Ergates faber</i> L.	Coléoptère Cérambycide.	13
<i>Rhagium inquisitor</i> L.	Coléoptère Cérambycide.	7
<i>Aphis rumicis</i> F.	Hémiptère Aphide.	7,5
<i>Hyalopterus pruni</i> F.	Hémiptère Aphide.	6,2
<i>Aphis rosae</i> L.	Hémiptère Aphide.	6

3^e groupe : Larves à rendement faible :

Espèce	Position systématique	Rendement
		p. 100
<i>Gastrophilus intestinalis</i> Deg. ..	Diptère (Estride.	5
<i>Arctia caja</i> L.	Lépidoptère Arctiide.	4,1
<i>Saturnia pyri</i> Schiff.	Lépidoptère Saturniide.	4,03
<i>Colaspidea atra</i> Oliv.	Coléoptère Chrysomélide.	3,9
<i>Vanessa urticae</i> L.	Lépidoptère Nymphalide.	3,7
<i>Thaumetopaea pityocampa</i> Sch. .	Lépidoptère Thaumetopœide.	3,5
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say.	Coléoptère Chrysomélide.	3,0
<i>Camponotus vagus</i> Scop.	Hyménoptère Formicide.	2,45
<i>Eschna</i> sp.	Pseudonévroptère Libellulide.	2,4

4^e Larves à rendement très faible :

Espèce	Position systématique	Rendement
		p. 100
<i>Malacosoma franconica</i> Esp. ...	Lépidoptère Lasiozampide.	1,9
<i>Eristalis tenax</i> L.	Diptère Syrphide.	1,7
<i>Lymantria dispar</i> L.	Lépidoptère Lymantriide.	1,5
<i>Asura conferta</i> Walk.	Lépidoptère Lithosiide.	1,03
<i>Saturnia Pernyi</i> Guer.	Lépidoptère Saturniide.	1,0
<i>Lycophotia margaritosa</i> Haw.	Lépidoptère Noctuide.	0,94

D'intéressantes observations se dégagent de ces chiffres; on remarque tout d'abord les écarts considérables entre les termes extrêmes : 28 et 0,94. Il est ensuite frappant de constater que des insectes systématiquement voisins occupent assez souvent des places peu éloignées au point de vue de leur teneur en corps gras; c'est ainsi que parmi les espèces très riches nous constatons la présence de 2 Curculionides et de 2 Pyralides: parmi les types à rendement moyen, beaucoup de Cérambycides, puis la série des Aphidiens. Dans le groupe des larves pauvres ou très pauvres, beaucoup de Lépidoptères et les Coléoptères Chrysomélides. Je me propose de revenir sur ces particularités un peu plus loin et de développer les considérations qui en découlent dans le paragraphe « Corps gras et Systématique ».

Chez les insectes à l'état parfait, les documents sont moins abondants; ceux que je possède suffisent toutefois à affirmer là

aussi l'existence d'écarts très importants entre les différents types :

Espèce	Position systématique	Rendement
<i>Myelobia smerintha</i> Hübn.	Lépidoptère.	22 p. 100
<i>Cossus ligniperda</i> F.	Lépidoptère.	14,2
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say.	Coléoptère.	13,4 —
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.	Lépidoptère.	12,7
<i>Crematogaster scutellaris</i> Oliv. .	Hyménoptère.	10,9 —
<i>Cerambyx Scopoli</i> Fussl.	Coléoptère.	8,5 —
<i>Galerucella luteola</i> Müll.	Coléoptère.	7,03 —
<i>Gryllotalpa vulgaris</i> Latr.	Orthoptère.	7
<i>Helictaurus menticornis</i> Reitt...	Coléoptère.	6
<i>Periplaneta orientalis</i> L.	Orthoptère.	4,3
<i>Calliphora erythrocephala</i> Meig.	Diptère.	2,7
<i>Orthacanthacris aegyptia</i> L. ..	Orthoptère.	2,5

On remarquera qu'il y a dans certains cas concordance avec les chiffres fournis par les larves: c'est ainsi que les papillons de *Cossus ligniperda* F. sont encore assez riches en corps gras. D'autres fois, comme chez *Leptinotarsa decemlineata* Say., le pourcentage fourni par l'imago est très supérieur à celui de la larve.

III

Teneur en acides non-saturés

La teneur d'une huile en acides non-saturés est une caractéristique très importante, de même que la valeur de l'indice d'iode de ces acides. Il n'y a pas corrélation entre ces divers chiffres : une huile telle que celle de *Pyrausta nubilalis* Hübn. renferme plus de 80 p. 100 d'acides liquides et leur indice d'iode atteint seulement 98,4. Au contraire, l'huile imaginale de *Doryphoras* qui renferme seulement 72 p. 100 d'acides non-saturés fournit pour ces mêmes acides un indice d'iode atteignant 149,9. Il y a donc grand intérêt à examiner comparativement ces diverses valeurs dans la série des insectes.

La teneur en acides non-saturés est souvent déterminée par voie gravimétrique, en dosant les sels de plomb des acides saturés insolubles dans l'éther; on utilise aussi un grand nombre d'autres méthodes parmi lesquelles celle qui emploie les sels de Thallium a été très recommandée. Il est encore plus simple d'obtenir ce résultat par calcul basé sur l'indice d'iode externe et sur l'indice d'iode interne ou absolu (1); cette méthode appliquée à un certain nombre de cas donne les chiffres suivants :

Espèces	Indice d'iode externe	Indice d'iode interne	Rapport Externe Interne $\times 100$
			—
<i>Ergates faber</i> L.	68,5	92,7	73,8
<i>Cetonia aurata</i> L.	71,2	87,9	81,0
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.	80,8	98,4	82,1
<i>Camponotus vagus</i> Scop.	68,6	93,9	73,0
<i>Rhynchophorus palmarum</i> L.	39,8	98,3	40,5
<i>Colaspidea atra</i> Ol.	113,4	165,5	68,5
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say..	108,6	149,9	72,4
<i>Thaumetopra pityocampa</i> Sch..	112,0	141,2	79,3

Il est fâcheux que les quantités d'huile trop minimes dont je disposais ne m'aient pas permis d'isoler les acides liquides de

(1) Voir précédemment, p. 60.

Vanessa urticae L. et de *Saturnia pyri* Schiff.: on arriverait certainement dans ces cas à des valeurs imposantes pour l'indice d'iode absolu.

On voit que le pourcentage en acides non-saturés oscille le plus fréquemment entre 70 et 80. Toutefois, dans le groupe des Aphidiens dont je n'ai pu déterminer l'indice d'iode interne, il est certain que le pourcentage en acides non-saturés doit être très faible: il est également assez faible dans le cas de *Rhynchophorus palmarum* L. C'est là un fait intéressant car il s'agit d'un Coléoptère vivant dans les régions chaudes (influence de la température).

D'après la valeur de l'indice d'iode absolu (indice d'iode des acides liquides), on voit que les huiles et graisses d'insectes peuvent être classées en trois catégories :

1° Indice d'iode absolu ne dépassant pas 90 : *Cetonia aurata* L.

2° Indice d'iode absolu variant de 90 à 100 : *Ergates faber* L. *Pyrausta nubilalis* Hübn., *Camponotus vagus* Scop., *Rhynchophorus palmarum* L.

3° Indice d'iode absolu supérieur à 140 : *Colaspidema atra* Oliv., *Leptinotarsa decemlineata* Say., *Thaumetopœa pityocampa* Sch. et a fortiori toutes les espèces dont l'indice d'iode externe est lui-même très élevé : *Saturnia pyri* Sch., *S. Pernyi* Guer., *Vanessa urticae* L., *Pieris brassicae* L., *Arctia caja* L., *Malacosoma franconica* Esp., etc.

Dans le groupe où les indices d'iode absolus ne dépassent pas 90, on est autorisé à penser qu'il n'existe que des acides à une seule fonction éthylénique (acide oléique).

Dans le second groupe existent nécessairement des acides liquides moins saturés (ac. linoléique) ou à chaîne plus courte (ac. palmitoléique) que l'acide oléique. Les huiles de ce groupe ne fournissent pas de bromures insolubles et par suite ne ferment pas d'acide linoléique.

Dans le troisième groupe existent des acides fortement non-saturés du type acide linoléique. Peut-être existe-t-il à côté des acides encore inconnus.

IV

Teneur en insaponifiable

Dans le Tome VIII du *Biochemisches Handlexicon* de ABDERHALDEN, AD. GRÜN écrit (p. 447) la phrase suivante : « Les graisses des animaux inférieurs tels que les vers et les insectes, paraissent contenir de grandes quantités d'insaponifiable; elles forment peut-être une transition vers les cires animales. »

Cette opinion ainsi généralisée est assurément inexacte : nombreuses sont les huiles d'insectes qui n'ont aucune ressemblance, même très éloignée avec les cires : leur teneur en insaponifiable est très faible et leurs indices de saponification atteignent une valeur normale chez les glycérides, de l'ordre de 190 à 200, bien supérieure par conséquent à celle qui s'observe chez les cires.

Dans d'autres cas, les huiles ou les graisses (1) d'insectes fournissent un pourcentage en insaponifiable plus élevé, sans toutefois pouvoir être considérées comme voisines des cires. Voici quelques données numériques concernant les valeurs atteintes (chiffres déterminés par la méthode de LEYS) :

1° Espèces pauvres en insaponifiable :

<i>Ergates faber</i> L.	0,75 p. 100
<i>Tenebrio molitor</i> L.	1,19 —
<i>Pyrausta nubilalis</i> Hübn.	1,68 —
<i>Cetonia aurata</i> L.	2,4 —
<i>Pemphigus utricularius</i> Pass.	1,7 —

2° Espèces plus riches :

<i>Colaspidea atra</i> Ol.	3,5 p. 100
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say.	5,9 —
<i>Thaumetopara pityocampa</i> Sch.	8,5 —
<i>Heliotaurus menticornis</i> Reitt.	12,5 —
<i>Pieris brassicae</i> L.	10 —

(1) Il s'agit toujours des graisses *vraies*, emmagasinées dans le corps adipeux.

Les chiffres obtenus pour l'insaponifiable varient évidemment avec le procédé employé pour l'extraction des huiles : ils sont ici parfaitement comparables entre eux, car tous ont été obtenus par les mêmes techniques.

On voit que dans aucun cas il n'a été trouvé des pourcentages extrêmement élevés comme chez les huiles de Sélaciens (jusqu'à 80 ou 90 p. 100 d'hydrocarbures).

Il semble que les valeurs les plus fortes s'observent chez les chenilles de Lépidoptères et chez les larves de Chrysomélides mangeuses de feuilles vertes, tandis que les xylophages en contiennent beaucoup moins. J'ai déjà insisté (1^{re} partie, chapitre II) sur la nature et le rôle des diverses substances groupées sous le nom d'insaponifiable.

V

Influence de la température du milieu sur la constitution des graisses de réserve

La température a été considérée comme un des déterminants les plus importants parmi ceux qui régissent la constitution des huiles et des graisses de réserve. On a émis l'idée que ce facteur joue un rôle fondamental dans la saturation des liaisons éthyléniques des acides gras; cette opinion repose sur deux ordres de faits : les uns d'observation et les autres d'expérimentation.

On a fait remarquer que les corps gras produits par les végétaux tropicaux sont en général beaucoup plus riches en acides saturés que ceux élaborés dans les climats plus froids : Coprah, Palmiste, Irvingia, etc. ont des indices d'iode faibles si on les compare à celui de l'huile de noix par exemple. Il est vrai que ce fait n'a peut-être pas toute la généralité qu'on a voulu lui attribuer : à côté du Palmiste et du Coprah, nous voyons l'Arachide dont l'indice d'iode est bien voisin de celui de l'Olive et souvent même un peu supérieur; ces observations indiquent donc plutôt une tendance générale qu'une règle trop absolue, car les exceptions sont nombreuses.

Beaucoup plus décisives sont les intéressantes recherches d'IVANOW (1929) : elles montrent l'influence directe de la latitude et de l'altitude (et par suite de la température) sur l'indice d'iode; IVANOW a fait porter ses observations sur l'huile de lin : quand la germination et la maturation de la graine se font dans une région à température douce, comme au Turkestan, les acides linoléiques ne se forment qu'en petite quantité; par contre, à Moscou où la température tombe la nuit à 7-8° il y a beaucoup plus d'acide linoléique.

K P. KARDASCHEW a cité dans son livre « les huiles végétales » (en Russe) des faits analogues : le lin du Sud de la Russie fournit des huiles à indices d'iode inférieurs à ceux du Nord.

IVANOW a constaté en 1922 que l'huile de *Camellia sativa* provenant de plantes cultivées à Poltawa (49° lat. N.) ne fournit

pas d'hexabromure, tandis que les *Camellia* cultivés dans le gouvernement de Moscou par 56° Lat. N. fournissent 3,8 p. 100 d'hexabromures. D'autres exemples encore sont significatifs : *Glaucium luteum* Scop. cultivé à Tiflis (41°5 Lat. N.) donne un indice d'iode de 134. Cultivé à Moscou (55°5) il monte à 145,9. *Helianthus annuus* L. donne à Aschabad (38° Lat. N.) un indice d'iode de 118. La même plante fournit à Omsk (55° Lat. N.) une huile dont l'indice d'iode atteint 140. L'altitude paraît jouer le même rôle que la latitude.

Parmi les animaux, l'exemple classique est fourni par les poissons recueillis dans les bains de Gafsa où la température atteint 30° : ces poissons contiennent des acides gras à indices d'iode beaucoup plus faibles que les poissons vivant en eau froide. Cependant, il serait imprudent de généraliser : il existe des Cétacés vivant dans les mers tempérées ou froides dont les huiles ne possèdent que des indices d'iode remarquablement faibles : 24 chez *Pseudorca crassidens* Ow., 12 à 14 chez *Globicephalus melas* Traill.

Parmi les faits d'ordre expérimental, il faut citer les travaux de TERROINE, BONNET, KOPP et VÉCHOT (1927) portant sur des organismes inférieurs : ces auteurs ont fait des cultures de *Stenigmatocystis nigra* et de Bacille de la Fléole à diverses températures ; ils ont étudié comparativement les corps gras élaborés dans ces conditions ; ils concluent que la richesse des acides gras en liaisons éthyléniques est liée étroitement à la température : les microorganismes cultivés à basse température élaborent des acides moins saturés que ceux qui sont cultivés dans un milieu plus chaud (114 à 17° et 85 à 35°).

LEATHES et RAPER considèrent le fait comme général : à leur avis tous les acides gras passent obligatoirement par un stade non-saturé ; ils restent ou non stationnaires à ce stade suivant la température extérieure : à de basses températures, les acides gras seraient incapables d'atteindre la saturation et resteraient riches en fonctions éthyléniques ; à des températures plus élevées, les doubles liaisons seraient saturées et par conséquent l'indice d'iode abaissé.

Il est certain que c'est à un enchevêtrement très complexe de réactions que les graisses doivent leur existence et leurs ca-

ractéristiques: LEATHES et RAPER pensent que partant d'un même point de départ, deux glycérides également non-saturés seront plus facilement réduits si l'être vivant qui les renferme se trouve dans un milieu plus chaud: la réduction nécessitant une énergie chimique considérable ne s'opérerait pas à basse température. L'état final des glycérides et des acides gras qui prennent part à leur constitution serait fonction de la température.

Il était tout indiqué de développer les enseignements qu'apporte en cette matière l'étude des graisses d'insectes: ces animaux se prêtent avec une facilité particulière à ces recherches et permettent d'envisager la question sous deux aspects:

1° les larves dont la vie est longue (plusieurs années) et l'habitat uniforme (telles les larves de Buprestides et de Cérambycides p. ex.) sont soumises à des températures alternativement chaudes et froides selon les saisons: les variations brutales de température leur sont évitées par la couche de bois plus ou moins épaisse qui les sépare de l'extérieur; la température moyenne annuelle à laquelle s'effectue leur développement est identique à la température moyenne annuelle du pays qu'elles habitent: on peut l'évaluer à $+14^{\circ}$ en Provence. Par suite, en comparant des espèces analogues vivant sous des latitudes très diverses on peut avoir un moyen de juger l'influence plus ou moins considérable de la température.

2° Il est une autre façon d'envisager le problème: à côté des larves dont la vie est très longue (jusqu'à 17 ans et plus chez certains Buprestides), il en est un très grand nombre dont le développement est saisonnier: Aphidiens, *Thaumetopæa pityocampa* Sch., *Pieris brassicae* L. etc., etc. Dans ce cas la température moyenne annuelle n'a plus aucune signification: seule est à envisager la température moyenne des mois pendant lesquels s'effectue le développement. C'est ainsi que les *Pemphigus* du Térébinthe se développent de Mai à Septembre sur le littoral méditerranéen: les chenilles processionnaires du pin accomplissent leur croissance de Novembre à Mars en Provence. Il est facile de calculer que la température moyenne pendant laquelle se développent les Aphidiens du Térébinthe est bien supérieure à celle que subit la chenille processionnaire: on peut l'évaluer à $19^{\circ}9$ dans le premier cas et à $8^{\circ}5$ dans le second.

Il en résulte que nous possédons là un moyen d'apprécier l'influence de la Température sur la valeur de l'indice d'iode; seulement, dans cette seconde méthode, le résultat est moins net que dans la première car au facteur Température s'ajoutent et se superposent de nombreux autres facteurs qui rendent l'interprétation moins aisée.

J'ai indiqué à plusieurs reprises que les larves xylophages françaises synthétisent des huiles dont les indices d'iode sont compris entre 65 et 80 (*Ergates faber* L., *Cerambyx Scopoli* Füssl., *Rhagium inquisitor* L., *Cossus ligniperda* F., etc.). Le « ver palmiste » (larve de *Rhynchophorus palmarum* L.) qui vit à la Guyane, au Brésil et au Pérou dans le tronc de divers palmiers constitue un bon terme de comparaison : cette larve de Curculionide renferme non pas une huile, mais une graisse solide, fondant à 32° et dont l'indice d'iode atteint seulement 39,8. Il semble bien qu'on saisisse ici l'influence d'une température élevée, déterminant un indice d'iode de faible valeur; il serait fort intéressant, mais malheureusement assez difficile d'étendre cette enquête à d'autres xylophages des régions équatoriales.

Parmi les espèces françaises à développement saisonnier, on peut d'abord remarquer que les Aphidiens à faibles indices d'iode ont un développement en général estival, mais cette observation perd toute sa valeur si l'on ajoute que beaucoup de chenilles de Lépidoptères à indices d'iode très élevés et riches en acide linoléique sont dans le même cas. Il y a lieu d'ajouter que les Lépidoptères de l'Inde que j'ai étudiés m'ont fourni des indices d'iode supérieurs à 100 (*Lycophotia margaritosa* Haw 130,6, *Asura conferta* Walk. 102,9). Cependant des Hyménoptères venant aussi de l'Inde (Madura) m'ont donné des chiffres assez faibles : 61,3 chez la larve de *Vespa cincta* F. et 49,4 chez la nymphe d'*Apis dorsata* F.

En somme, je pense qu'en envisageant la question à ce second point de vue, il est difficile de tirer des conclusions solides sur le rôle de la température : un trop grand nombre d'autres facteurs, parmi lesquels l'alimentation superposent leur propre rôle à celui dont il s'agit d'étudier l'influence.

VI

Corps gras et Hibernation

Les procédés qui sont mis en œuvre chez les insectes pour assurer l'hibernation sont très variés : la saison froide se passe parfois sous forme d'œuf ou de larve, d'autres fois à l'état de chrysalide ou encore d'imago.

Les très intéressantes recherches de ROUBAUD sur le déterminisme et la Physiologie de l'hibernation ont montré qu'il fallait distinguer parmi les larves soumises à une diapause hivernale un type hétérodyname et un type homodyname. A la première catégorie correspondent les espèces dont le passage à l'état de vie ralentie est strictement obligatoire, indépendant de la température : c'est le cas de la chenille de *Pyrausta nubilalis* Hübn. que j'ai étudiée; au contraire les espèces homodynmes n'ont qu'une hibernation facultative dont la durée est réglée par le froid.

Chez les espèces hétérodynmes, ROUBAUD pense que « L'hibernation obligatoire correspond à une cure d'excrétion ». Pendant cette période, l'organisme de l'insecte élimine les urates dont l'accumulation aurait déterminé l'apparition des phénomènes d'asthénobiose.

J'ai constaté en effet chez *Pyrausta nubilalis* que les combustions sont prodigieusement réduites pendant la période froide; la chenille possède en Automne une énorme réserve d'huile, supérieure au quart de son poids; je m'attendais à voir ce capital thermochimique considérable progressivement utilisé pendant l'hiver pour parer à l'inanition absolue à laquelle étaient soumises les chenilles; contrairement à cette attente, j'ai vu la réserve grasse persister intacte jusqu'au printemps, sans modification qualitative ni quantitative appréciable.

VII

Corps gras et Nymphose

Il est *a priori* de toute évidence que les modifications profondes qui surviennent dans l'organisme des insectes à l'occasion de la nymphose doivent avoir une répercussion sur la teneur en graisses et sur les caractéristiques physico-chimiques de ces substances. Il est toutefois difficile de présenter un exposé cohérent des transformations qui portent sur les graisses sans faire intervenir en même temps les phénomènes dont sont le siège les glucides, les protéides et l'eau.

D'une façon générale, il est bien connu que les insectes subissent une perte de poids pendant la nymphose : le poids d'une larve adulte est très supérieur à celui de l'insecte parfait correspondant; cette perte de poids est souvent de l'ordre de la moitié ou des trois quarts du chiffre initial.

En ce qui concerne spécialement les corps gras, on peut dire qu'ils subissent le plus souvent une réduction au cours de la nymphose, mais l'amplitude de cette réduction varie dans de très larges mesures selon l'espèce envisagée. De plus, elle est parfois *indifférente*, c'est-à-dire portant sur l'ensemble des substances grasses et tantôt *élective*, c'est-à-dire agissant de préférence sur certains acides gras.

Des faits et des chiffres doivent justifier ces assertions : chez *Pyrausta nubilalis* Hübn., la teneur en huile passe de 27,3 p. 100 chez la chenille en Mai à 9,7 p. 100 chez la chrysalide en Juin; elle remonte ensuite en apparence chez l'imago, atteignant 12,7 p. 100 chez les papillons en Juillet. La perte réelle en corps gras est encore plus considérable que ces chiffres ne paraissent l'indiquer; pour l'apprécier exactement, il est nécessaire de calculer le pourcentage non plus par rapport à 100 grammes d'insectes frais, mais par rapport au poids moyen de l'individu. C'est ainsi qu'une chenille de Pyrale du Maïs pesant environ 0 gr. 08 en Mai contient 0 gr. 021 d'huile; une chrysalide pesant 0 gr. 082 en Juin en fournit 0 gr. 0079 et un papillon pesant 0 gr. 031 en

Juillet en renferme seulement 0 gr. 0039, soit environ le cinquième de ce que possédait une chenille au mois de Mai : la perte réelle en corps gras a atteint 80 p. 100.

Le calcul ainsi présenté est beaucoup plus exact que celui qui résulte de simples pourcentages, car la teneur en eau et le poids moyen d'un papillon sont très différents de ceux de la chenille.

D'autre part, la lipolyse nymphale de la Pyrale du Maïs porte indifféremment sur la totalité des composants de l'huile : acides saturés et non saturés; j'ai déjà indiqué dans la partie systématique de ce travail qu'une consommation exclusive des acides non-saturés devrait abaisser considérablement l'indice d'iode chez la chrysalide et l'imago; or l'indice d'iode de l'huile de *Pyrausta nubilalis* passe de 80,8 en Novembre à 78,6 en Mai et 76,0 en Juin, ce qui représente un abaissement extrêmement faible et pratiquement négligeable : nous allons voir que les modifications sont bien plus considérables dans le cas de *Pieris brassicae* L.

Chez *Cossus ligniperda* F. à l'état de chenille, le rendement en huile atteint 27,5 p. 100; il s'abaisse chez le papillon à 14,2 p. 100. L'indice d'iode passe de 76,2 à 74,8, c'est-à-dire demeure sensiblement le même; il y a donc ici aussi utilisation indifférente des acides saturés et non saturés.

Les faits sont très différents chez *Pieris brassicae* L. Le pourcentage apparent passe de 2,25 p. 100 chez la chenille à 3,6 chez les chrysalides sur le point d'éclore : il y a ici encore diminution réelle de la quantité de graisse comme le montre le rapport par individu; mais cette utilisation est ici *élective* : l'indice d'iode a passé de 149,9 chez la chenille en Novembre à 100,5 chez la chrysalide en Avril; de plus, l'huile visqueuse extraite en Automne a fait place dans le second cas à une véritable graisse, solide, fondant à 36°, ce qui cadre bien avec la diminution des acides non-saturés. Etant donné que l'huile de chenilles contient une proportion notable d'acide linoléinique (indice d'hexabromures 14,4) on est amené tout naturellement à supposer que c'est cet acide particulièrement fragile qui a été utilisé de préférence au cours de la nymphose.

Chez les chenilles où le pourcentage en huile est très faible, cas fréquent comme nous l'avons vu chez beaucoup de Lépi-

doptères phyllophages, la lipolyse nymphale est moins étendue, mais existe toujours; c'est ce que j'ai observé par exemple chez *Lymantria dispar* L.: la proportion d'huile ne dépasse pas 1,5 p. 100 chez la chenille; elle atteint 2,2 p. 100 chez le papillon; le calcul par individu m'a donné 0 gr. 015 d'huile chez la chenille et 0 gr. 0073 chez le papillon ♀, soit diminution de moitié environ.

Chez le Sphinx de l'Euphorbe (*Deilephila euphorbiae* L.) HELLER (1925) a distingué trois étapes dans le métabolisme nymphal : un premier stade d'histolyse qui s'accompagne d'un abaissement considérable des échanges respiratoires, la consommation d'oxygène passant de 12 cm³ à 1,7 cm³ en 38 jours; un deuxième stade caractérisé par une fixité remarquable du métabolisme qui se maintient à une valeur très faible : un troisième stade d'histogénèse au cours duquel l'intensité respiratoire remonte de plus en plus. HELLER a constaté que chez *Deilephila euphorbiae* L. la métamorphose en nymphe épuise la moitié des substances grasses, mais les chiffres que donne cet auteur étant rapportés au poids de tissus secs sont difficilement comparables avec ceux que j'ai obtenus pour d'autres espèces et qui sont rapportés au poids frais.

Chez le ver à soie, objet classique des recherches d'un grand nombre d'auteurs, on a observé au cours de la nymphose une diminution progressive des graisses : le pourcentage passe de 3,22 p. 100 au début à 1,91 p. 100 au bout de deux semaines.

En somme, on peut conclure de ces faits que l'utilisation des graisses au moment de la nymphose est un phénomène assez général, mais très variable dans son intensité et ses modalités, portant parfois sur l'ensemble des graisses et d'autres fois sur une fraction électivement choisie de ses substances.

VIII

Influence de l'alimentation

On admet généralement qu'il existe des relations directes entre l'alimentation et la constitution des graisses de réserve; j'ai déjà souligné à propos de l'origine des graisses chez les insectes quelques faits qui viennent à l'appui de cette manière de voir; je voudrais montrer ici que le bilan nutritif influe à la fois sur l'abondance et sur la nature des glycérides accumulés chez les insectes, que les facteurs alimentaires ont un rôle quantitatif et qualitatif.

A. INFLUENCE QUANTITATIVE. — J'ai insisté sur les différences très étendues qui s'observent chez les insectes au point de vue de leur teneur en matières grasses; il est tout indiqué de rechercher du côté du régime alimentaire la source de semblables écarts; l'examen de leur nourriture habituelle montre en effet que les larves très riches en graisse sont celles qui trouvent dans les substances qu'elles ingèrent beaucoup de glucides ou de lipides : c'est le cas en particulier de *Balaninus elephas* Gyll. Curculionide qui consomme les glands de *Quercus Ilex* L. très riches en matière amylacée; c'est encore le cas de la Bruche des haricots (*Acanthoscelides obtectus* Say.) qui possède aussi un régime très riche en glucides; chez *Cossus ligniperda* F. la ration alimentaire apporte beaucoup de polysaccharides (Glucosanes, Pentosanes). Chez *Balaninus nucum* L., ravageur des noisettes, le pourcentage en huile alimentaire atteint 60 p. 100.

Au contraire, les larves qui se nourrissent de feuilles vertes sont en général pauvres en corps gras : c'est le cas de beaucoup de Lépidoptères (*Vanessa*, *Pieris*, *Saturnia*, *Arctia*, etc., etc.) Il est vraiment curieux de constater que parmi les Coléoptères, la famille des Chrysomélides qui est aussi adaptée au régime phyllophage renferme des larves à pourcentages peu élevés.

Les larves de Diptères vivant sur les tissus en décomposition donnent également un faible rendement en corps gras. Il en est

de même des Pseudonévroptères prédateurs (*Æschna*) et des Carabides, Staphylinides, etc.

B. INFLUENCE QUALITATIVE. — On saisit encore plus nettement l'action des facteurs alimentaires en comparant les caractéristiques des produits élaborés.

1° On peut ranger dans un même groupe les larves à alimentation glucidique, les xylophages, les rhizophages, les ravageurs de graines amylacées, etc. Tous ces insectes sont caractérisés par des indices d'iode moyens ou assez faibles (68,5, 80,8, etc.). Ils ne fournissent pas de bromures insolubles dans l'éther et ne contiennent par conséquent pas d'acide linoléique ; ils renferment peu d'insaponifiable (0,75 à 2 p. 100). Les indices de saponification sont moyens (190-200) et les indices de REICHERT-MEISSL très faibles.

2° Dans un autre groupe les mangeurs de feuilles vertes, c'est-à-dire un très grand nombre de Lépidoptères, les Chrysomélides, beaucoup d'Orthoptères (Acridiens, etc.). Ces insectes produisent des corps gras à indices d'iode élevés ou très élevés ; ils sont riches en insaponifiable (parfois 10 à 11 p. 100) ; ils contiennent de l'acide linoléique décelable par des indices d'hexa-bromures parfois importants.

3° Les larves lipophages ont des graisses dont la nature est en grande partie fonction de celles qu'elles ont ingérées. Il serait intéressant, mais difficile en raison du faible poids de matériaux disponibles, de rechercher l'acide érucique dans les larves de *Cecidomyia ochracea* Winn. ou de *Dasyneura brassicae* Winn. qui consomment les graines de crucifères, ainsi que l'acide arachidique chez les nombreux ravageurs de la graine d'arachide.

4° Dans une autre catégorie doivent être rangés les carnivores et insectivores (Carabides, Nécropores, Sarcophagides, etc.). Ces insectes n'ont qu'une teneur peu élevée en corps gras ; ils se rapprochent à cet égard de ceux qui ont été signalés dans le deuxième groupe, mais ils ont en revanche le plus souvent des indices d'iode de l'ordre de 70 à 80 (*Calliphora erythrocephala* Meig.).

5° Un groupe très naturel est constitué par les suceurs de sève, Aphides et Coccides. Ces Hémiptères, surtout les Aphides, ont des graisses solides, à indices d'iode très faibles, indices de saponi-

fication et de REICHERT-MEISSEL très élevés; ils contiennent beaucoup d'acides volatils et, d'une façon générale, beaucoup d'acides saturés à chaîne courte.

Ces faits paraissent indiquer nettement l'importance de l'alimentation parmi les facteurs qui déterminent la constitution des graisses chez les insectes; cette conclusion n'a d'ailleurs rien de surprenant *a priori* puisqu'elle est conforme à ce qu'ont appris les recherches et les expérimentations faites chez les mammifères. Le cas des insectes est seulement particulièrement intéressant parce qu'il réalise une expérience toute faite d'une grande ampleur : alors que chez les Mammifères (et les travaux ont porté presque exclusivement sur des chiens ou des cobayes), il faut modifier artificiellement le régime alimentaire pour étudier le rôle de tel ou tel constituant, chez les insectes, il suffit d'interpréter les résultats fournis par un nombre considérable de types adaptés à des régimes alimentaires très variés.

IX

Influence du sexe

De nombreux auteurs ont mis en évidence dans la série animale l'existence de relations entre la vie génitale et l'accumulation ou l'utilisation des réserves de graisses. Les faits mis en lumière portent surtout jusqu'à présent sur des variations quantitatives, beaucoup plus que sur des modifications qualitatives; c'est ainsi que chez beaucoup d'invertébrés on observe des oscillations saisonnières dans la teneur en matières grasses; ces faits sont particulièrement nets chez les mollusques : C. DEFLANDRE (1903) a fait remarquer que chez les *Helix* l'hépatopancréas se charge en graisse pendant les mois de Mai et de Juin; avant et après cette époque, il en est dépourvu. Cette période de réplétion adipeuse précède un peu celle de la reproduction qui a lieu en Juin et Juillet. Il semble bien que dans ce cas les matières grasses élaborées spécialement à cette intention soient utilisées pour l'édification des formations embryonnaires.

Chez les Crustacés, l'hépatopancréas d'*Astacus fluviatilis* F. donne 38,6 p. 100 d'extrait éthéré avant la ponte et 17,09 six mois après.

Chez les Echinodermes, un exemple très net est fourni par *Asterias rubens* L.: on voit chez cette espèce les bras remplis primitivement par les ramifications de l'hépatopancréas chargé de graisse. Dans la suite, cet organe entre en régression et est remplacé par l'ovaire qui se développe énormément en se chargeant de la graisse hépatique.

Chez les Sélaciens, E. ANDRÉ (1927) a admis que le foie est particulièrement riche, en graisse au moment de la maturité sexuelle. Les recherches poursuivies sur la Roussette (1) (*Scyllium canicula* L.) semblent montrer que la teneur en huile hépatique

(1) KOLLMANN, VAN GAVER et TIMON-DAVID. Le développement du foie et son rendement en huile chez *Scyllium canicula* L., dans leurs rapports avec l'état sexuel de l'animal. (C. R. Soc. Biol. T. C., p. 355).

passer par deux maxima, l'un avant et l'autre après la ponte. La proportion est en général plus élevée chez les ♀ que les ♂.

Chez les insectes, dont le cas est ici spécialement envisagé, les résultats sont variables, parfois même contradictoires et il semble qu'une solution uniforme ne puisse être donnée à tous les cas.

Les intéressantes recherches de CH. PEREZ sur l'évolution de la fourmi rouge (1902) ont mis en évidence le rôle du sexe dans la conservation des réserves adipeuses larvaires : chez la nymphe femelle de *Formica rufa* L., la phagocytose des cellules adipeuses se manifeste seulement dans la région nucale et laisse à peu près intactes les réserves grasses qui occupent l'abdomen; chez les mâles au contraire, toutes les cellules abdominales sont résorbées. Par suite, « tandis que les femelles naissent avec un nombre « considérable d'ovules déjà différenciés, mais chargés de vitel-
« lus et conservent une quantité considérable de réserves accu-
« mulées dans leur corps adipeux, les mâles au contraire naissent « pour ainsi dire vidés de réserves. » [PEREZ].

Bien souvent en effet on observe une prédominance des femelles au point de vue de la teneur en corps gras. Le cas des reines de Termites est tout à fait démonstratif; c'est là une tendance assez générale et qui s'explique, semble-t-il, facilement : il s'agit d'une particularité en relations avec l'élaboration des réserves de l'œuf, chez lequel les graisses jouent un rôle important.

L'huile des œufs de criquets algériens est à rappeler à ce propos. Il faut remarquer qu'une différence très importante existe entre les huiles d'œufs et les huiles de larves : elle réside dans leur teneur en Phosphore. Dans le premier cas le chiffre est très élevé, témoignant d'une importante proportion de Phosphatides; dans le second, il est extrêmement faible (moins d'un dix-millième chez *Ergates faber* L.).

Chez d'autres insectes et particulièrement chez le ver à soie, les faits sont différents : les observations histologiques de VANEY et MAIGNON ont montré chez les chrysalides mâles une forte diminution de la teneur en glycogène et une augmentation importante de la teneur en graisse peu de temps avant la transformation. Chez les femelles, ces auteurs ont vu au contraire un ac-

croissement de la teneur en glycogène et une diminution des graisses.

Un cas intermédiaire est représenté par ce que j'ai observé chez *Calliphora erythrocephala* Meig. à l'état imaginal. Mes analyses qui ont porté sur près de mille individus, mâles et femelles, m'ont donné dans les deux cas des résultats quantitatifs et qualitatifs bien voisins : au point de vue de la teneur en huile 3,3 p. 100 chez la femelle et 3,4 p. 100 chez le mâle. Si l'on calcule d'après ces chiffres le poids d'huile par individu, on trouve 0 gr. 00181 chez la mouche mâle et 0 gr. 0,00174 chez la mouche femelle.

Les indices d'iode sont pratiquement identiques dans les deux cas :

♂	80,7
♀	79,1

Il semble bien qu'il soit impossible de trouver une différence nette entre les graisses des deux sexes chez *Calliphora erythrocephala* Meig.

De tout ceci il résulte que les particularités liées au sexe dans le métabolisme des corps gras sont certainement dissemblables selon les insectes que l'on examine; je viens de montrer que trois cas différents sont réalisés chez la fourmi rouge, le ver à soie et la mouche bleue de la viande; je pense cependant que le type réalisé par la fourmi rouge est le plus fréquent, mais cette opinion demanderait à être assise sur des données plus nombreuses, portant sur des types variés choisis dans les différents groupes.

X

Corps gras et Systématique

Les travaux de TERROINE et de son école ont montré que les acides gras auxquels il donne le nom d' « *Elément constant* » possèdent des caractéristiques physico-chimiques d'une remarquable fixité chez une espèce et un organe donnés. MAYER et SCHÆFFER en introduisant leurs coefficients lipocytiques ont fait voir que les graisses protoplasmiques constituent des constantes cellulaires toujours semblables à elles-mêmes; je voudrais insister ici sur un point de vue tout différent : Il est évident que les Lipoïdes protoplasmiques ainsi envisagés représentent des caractéristiques spécifiques; mais ce sont uniquement les graisses de réserve que j'ai en vue dans ce qui suit : je voudrais montrer que leur constitution est dans une certaine mesure liée à l'anatomie et à la physiologie du tube digestif et par suite indirectement à la Systématique.

J'ai constaté que les corps gras mis en réserve chez les insectes présentent des caractéristiques physiques et chimiques très diverses; les variations fondamentales portent non seulement sur l'état solide ou liquide des produits (graisses, beurres et huiles), mais encore sur les proportions relatives des acides saturés et non-saturés, sur la présence ou l'absence d'acides éthyléniques à une, deux ou trois doubles liaisons; j'ai constaté que la longueur de la chaîne carbonée des acides gras est très variable et que particulièrement dans le groupe des Aphidiens les acides à chaîne courte occupent une place prépondérante; j'ai vu encore que les proportions et la nature des substances insaponifiables étaient soumises à de grandes variations.

En présence de cette diversité, il est intéressant de se demander s'il existe quelque corrélation entre la composition des graisses de réserve et la position systématique des insectes qui les ont fournies. Il n'est pas déraisonnable de poser le problème : on sait, pour prendre un exemple souvent cité que les Sélaciens s'écartent remarquablement des autres poissons par la présence

dans leurs huiles de carbures à haute insaturation, le squalène et le spinacène, qui constituent parfois les huit dixièmes de l'huile du foie. On a parlé pour souligner ces particularités de classifications physiologiques (VAN GAVER).

La question ainsi présentée comporte en ce qui concerne les insectes une double réponse, à la fois négative et positive.

Il est en effet manifestement impossible d'établir des distinctions tranchées entre les huiles fournies par des représentants des différents ordres : aucun criterium ne peut permettre de distinguer *a priori* une huile de Coléoptère d'une huile de Lépidoptère : dans les deux ordres on trouve des huiles à indices d'iode élevés et d'autres à indices d'iode faibles; le fait qu'un insecte appartient à un ordre donné ne peut avoir aucune influence sur la constitution des graisses de réserve.

Mais si au lieu de nous adresser à des groupement naturels aussi généraux que les ordres nous essayons de comparer des familles, assemblages d'espèces beaucoup plus limités, plus homogènes et à biologie assez uniforme, les résultats deviennent très suggestifs et presque schématiques.

Dans la plupart des cas, les insectes appartenant à une même famille ont une alimentation à peu près identique : les Cérambycides et les Buprestides sont mangeurs de bois, les Chrysomélides mangeurs de feuilles vertes, les Carabides et les Eschnides prédateurs, les Aphidiens et les Coccides suceurs de sève, les Tachinides entomophages, les Lasiocampides, Saturniides, Thaumetopœides et un grand nombre d'autres mangeurs de feuilles vertes, etc. La composition des graisses étant dans une large mesure fonction de l'alimentation, il est facile de concevoir que les insectes appartenant à une même famille emmagasinent *en général* des graisses très voisines, tandis qu'il y aura de grands écarts entre deux familles à régimes très différents.

C'est ainsi que les Chrysomélides mettent en réserve des substances grasses à indices d'iode élevés, riches en insaponifiable et donnant des bromures insolubles dans l'Ether, tandis que les Cérambycides et les Buprestides accumulent des huiles à indices d'iode plus faibles, contenant peu d'insaponifiable et ne fournissant pas d'hexabromures. Les Aphidiens synthétisent des graisses d'un type spécial, sortes de beurres riches en acides volatils, à in-

dices de saponification très élevés et indices d'iode très faibles.

Je pense donc que le problème posé plus haut peut recevoir la réponse suivante :

La position systématique d'un insecte dans tel groupe plutôt que dans tel autre ne peut avoir *en elle-même* aucune signification au point de vue de la composition de ses graisses de réserve. Par contre, si l'on envisage des groupements limités tels que les familles dont les représentants ont une alimentation du même type, on constate chez les corps gras élaborés une certaine uniformité de composition; on est alors autorisé à parler de concordance entre la classification qui tient compte de la conformation anatomique des organes de nutrition et les données de la Biochimie. En ce sens on peut dire que l'anatomie conditionne la composition des graisses de réserve.

CONCLUSION

La contribution que j'apporte à la connaissance biochimique des graisses d'insectes n'a aucunement la prétention d'être un travail définitif : un sujet aussi vaste et aussi complexe ne saurait être épuisé en quelques années de recherches; j'ai toutefois tenté de défricher un champ qui m'est apparu encore fort peu exploré. Si l'on tient compte de l'immense multiplicité des espèces d'insectes, de la variété de leur habitat, de leur nutrition et de leur biologie, on se représente sans peine combien de problèmes soulève leur étude. « Quand on réfléchit à tout le secours
« que la morphologie comparée a apporté à la connaissance des
« êtres vivants, au vaste édifice scientifique que cette étude des
« formes a permis de construire, bien qu'elle ne puisse jamais
« saisir que l'aspect extérieur des choses de la vie cellulaire, on
« demeure convaincu que la Chimie biologique comparée qui
« descend jusqu'aux molécules constitutives des protoplasmes,
« c'est-à-dire jusqu'au niveau où se passent les phénomènes élémentaires de la vie, révélera dans le monde animal des affinités et fera apparaître des différences qui échappent nécessairement à la morphologie. » [LAMBLING] (1).

(1) Précis de Biochimie, p. 148.

BIBLIOGRAPHIE

1920. ABDERHALDEN (E.). — Biochemisches Handlexicon. T. VIII. GRÜN. Fette und Wachse, p. 449.
1925. ABDERHALDEN (E.). — Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt. I. T. 6 Hft 2. BÖMER. Allgemeine Methoden der Darstellung und Untersuchung der Fette.
1905. ABDERHALDEN et WELLS. — Die monoaminosäuren der Keratins aus Pferdehaaren. *Zeit. für Phys. Chem.* XLVI, p. 32.
1897. AMTHOR et ZINK. — Beitrag zur Chemie der Tierfette. *Zeitschr. für analyt. Chemie*. T. XXXVI, p. 1-17.
1925. ANDRÉ (E.). — Les acides gras non-saturés monoéthyléniques. Rôle physiologique de la fonction éthylène. *Bull. Soc. Ch. Biol.*, VII, 974-1004.
- 1927 a. ANDRÉ (E.). — Sur les qualités et les quantités d'huile que l'on peut extraire du corps d'un Dauphin. *Bull. Soc. Ch. Biol.* IX, p. 638.
- 1927 b. ANDRÉ (E.). — Relations entre le développement du foie et celui des glandes sexuelles chez quelques poissons cartilagineux. *Bull. Soc. Ch. Biol.* IX, p. 637.
- 1928 a. ANDRÉ et CANAL. — Etude chimique de l'huile de foie d'un jeune squal « Pelerin » mâle (*Cetorhinus maximus* Günn.). Relations biologiques entre les Cholestérols et le Squalène. *Ann. off. nat. des Combust. liquides*. 3. p. 833.
- 1928 b. ANDRÉ et CANAL. — Recherches sur l'huile du Centrophore granuleux. *Bull. Trav. Castiglione*. Alger.
1902. ANGLAS (J.). — Nouvelles observations sur les métamorphoses internes. *Arch. anat. micros.* V. fasc. I.
1831. BARRUEL (E.). — D'une matière grasse trouvée dans les pucerons (*A. rosae* et *A. sambuci*). *Journ. Ch. medic.* 7. 486-490.
1906. BEDFORD (F.). — Ueber die ungesättigten Säuren des Leinöls und ihre quantitative Reduktion zu Stearinsäure. *Inaugur. Dissert.* Halle. 47 p.
- 1926 a. BELIN (P.). — Influence de l'alimentation sur la constitution des graisses de réserve (élément variable). *Bull. Soc. Ch. Biol.* VIII. 1120-1150.
- 1926 b. BELIN (P.). — Généralité de la distinction entre deux catégories de matières grasses : élément constant et élément variable. *Bull. Soc. Ch. Biol.* VIII. 1081-1102.

- 1899-1901. BERLESE (A.). — Osservazioni su fenomeni che avvengono durante la ninfosi degli Insetti metabolici. *Rivista di Pat. Veget.*
1900. BERLESE (A.). — Intorno alle modificazioni di alcuni tessuti durante la ninfosi della *Calliphora erythrocephala* Meig. *Bull. Soc. Entom. Ital.*
1909. BERLESE (A.). — Gli Insetti. Milano. p. 796-806.
1922. BISHOP (G. H.). — Cell metabolism in the insect Fat-Body. *Journ. of morphology*. Philadelphia. 36. p. 567.
1923. BISHOP (G. H.). — id.. 37. p. 533.
1927. BOUNHIOL (J. J.). — Contribution à l'étude anatomique de la larve du *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Doryphore de la pomme de terre). *Rev. Zool. agric.* N° 11. Bordeaux, p. 163.
1891. BOUVIER. — Sur la graisse du foie des crustacés décapodes. *Bull. Soc. Philom.* 3. p. 170.
1902. BUCHTALA. — Zeit. für Phys. Chemie. XXXII. p. 603.
1927. BUNSUKE SUZUKI et YOSHIKUNI YOKOYAMA. — *Proc. imp. acad. Japan.* 4. p. 161-164.
1928. CHEVALLARD (G.). — Contribution à l'étude chimique du ver à soie (*Bombyx mori*). Thèse Doc. Univ. Lyon.
1929. COURTOIS (A.). — Sur la faible teneur en cholestérol des matières grasses des chrysalides de Lépidoptères. *C. R. Ac. Sc. T.* 188. p. 666.
1895. COUVREUR. — Sur la transformation de la graisse en glycogène chez le ver à soie pendant la métamorphose. *C. R. Soc. Biol.* XLVII. p. 796-798.
1913. DEGENER (P.). — Die Fettkörper. Schröder's Handbuch der Entomologie. Bd. I.
1903. DEFLANDRE (C.). — La fonction adipogénique du foie dans la série animale. Thèse Paris.
1920. DESVERGNES (L.). — Examen d'huiles de chrysalides. *Ann. Ch. analyt. et Ch. appl.* 2^e série. T. II.. p. 80.
1896. DORMEYER (C.). — Die quantitative Bestimmung von Fetten, Seifen und Fettsäuren im thierischem Organismus.
1893. DUBOIS (R.). — Sur l'huile d'œufs de la sauterelle d'Algérie (*Acridium peregrinum*) *C. R. Ac. Sc.* 116. p. 1393-1394.
1896. DUBOIS (R.). — Essai sur le mécanisme de la thermogénèse et du sommeil chez les mammifères. Physiologie comparée de la marmotte. *Ann. Univ. Lyon*. XXV. 268 p.
1842. DUFOUR. — Histoire comparative des métamorphoses de *Cetonia* et de *Dorcus*. Tissu adipeux. *Ann. Sc. Nat. Zool.* Série 2, T. XVIII. p. 162.

1910. EAVES (E.). — Transformations in the fats in the hens' egg during development. *Journ. of Physiol.* XL, 451-53.
1909. ELLIS (G. V.) et GARDNER (J. A.). — The origin and destiny in the animal organism. Part IV. The cholesterol content of eggs and chicks. *Proced. of Roy. Soc., Série B.* LXXXI, 129-132.
1915. ENGEL (C. S.). — Beitrag zur vermehrung unserer Fett vorräte. *Munch. Med. Wochrschr.* 63, 1115.
1863. FABRE (J. H.). — Etude sur le rôle du tissu adipeux dans la sécrétion urinaire chez les insectes. *Ann. Sc. Nat. Zool.* 4. T. XIX.
1914. FACE (L.) et LEGENDRE (R.). — Teneur des sardines en eau et en matières grasses. *C. R. Soc. Biol.* LXXVI, p. 283.
1910. FAURÉ-FREMIET (E.), MAYER (A.) et SCHAEFFER (G.). — Sur la microchimie des corps gras. Application à l'étude des mitochondries. *Arch. anat. microsc.* XII, p. 19.
1912. FEYTAUD (J.). — Contribution à l'étude du Termite lucifuge. *Arch. Anat. microsc.* T. XIII, p. 481.
1912. FLURY (F.). — Zur Chemie und Toxicologie der Ascariden. *Arch. für exper. Path. und Pharm.* 67, 275.
1927. FRITSCH (J.). — Fabrication et raffinage des huiles et graisses d'origine animale. Legrand, édit.
1913. FRITZSCHE. — Recherche du phytostérol dans les graisses animales. *Zeit. für Untersuch. der Nahr. und Genussm.* XXVI, p. 644.
1920. FRYER and WESTON. -- Technical handbook of oils, Fats and waxes. Cambridge. University Press.
1903. FÜRTH (O. von). — Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. G. Fischer Iena.
1893. GÉRARD. — Composition chimique de la graisse d'un Crustacé décapode (*Birgus latro*). *Journ. Pharm. Chim.* 28, p. 443.
- 1853 a. GÖSSMANN (A.). — Ueber die Natur des Fettes der Cochenille. *Ann. Ch. und Pharm.* 86, p. 317-330.
- 1853 b. GÖSSMANN (A.). — Ueber die Bestandteile der Canthariden. Dissert. Göttingen.
1854. GÖSSMANN (A.). — Ueber die Margarinsäure im Fette der Canthariden. *Ann. Ch. und Pharm.*, 89, p. 123.
1922. GRASSÉ (P.). — Etude biologique sur le criquet égyptien (*Orthacanthacris aegyptia* L.). *Bull. Biol. Fr. Belg.* LVI, p. 545.
1923. HAMMARSTEN (O.). — Lehrbuch der physiologischen Chemie.
1925. HELLER. — Recherches sur le métabolisme nymphal des insectes. *C. R. Soc. Biol.* T. XCII, p. 1006.

1897. HENNEGUY. — Note sur l'existence de calcosphérîtes dans le corps graisseux des larves de Diptères. *Arch. Anat. Micr.* I.
- 1904 a. HENNEGUY. — Le corps adipeux des Muscides pendant la métamorphose. *C. R. Ac. Sc.* CXXXI.
- 1904 b. HENNEGUY. — Les Insectes. Paris, Masson.
1899. HENRIQUES et HANSEN. — Recherches sur la formation de la graisse dans l'organisme par l'alimentation grasse intensive. *Bull. Acad. Sc. et Lett.* Copenhague, 1899.
1929. HOLDE (D.). — Huiles et graisses minérales, végétales et animales.
1913. HOLLANDE. — Coloration vitale de corps adipeux. *Arch. Zool. expériment.,* T. LI.
1914. HOLLANDE. — Formations endogènes des cristalloïdes albuminoïdes et des urates dans les cellules adipeuses des chenilles de *Vanessa io* et *V. urticae*. *Arch. zool. exper.,* T. LIII.
1926. HOLLANDE et CORDEBARD. — Notes chimiques et physiologiques se rapportant aux excréments de la Teigne du crin (*Tinella biselliella* Humm. = *T. crinella* Tr. Dup.). *Bull. Soc. Ch. Biol.* VIII, p. 631.
1860. HOPPE. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, p. 32.
1927. HOSSELET. — Etude cytologique du tissu adipeux de larves de Phryganides (*Setodes tineiformis*; *Oxyethra cortalis*). *C. R. Soc. Biol.* XCVI, p. 1383.
1911. HUERRE (R.). — Sur la graisse de cochenille et la présence d'acide linoléique dans cette graisse. *Journ. Pharm. et Chimie* (7) T. 4, p. 56.
1918. HUFNAGEL (A.). — Recherches histologiques sur la métamorphose d'un Lépidoptère (*Hyponomeuta padella*). Thèse Paris.
1929. IVANOW. — Chem. Umschau. Fette und Ole. 36 N° 4, p. 64-67.
1907. JANET (Ch.). — Anatomie du corselet et histolyse des muscles vibrateurs après le vol nuptial chez la reine de la Fourmi (*Lasius niger*). Limoges.
1921. JUMELLE (H.). — Les huiles végétales. Paris, Baillière.
1878. KEDZIC (W. K.). — First annual report of the United States entomological commission for the year 1887 relatives to the rocky mountain Locust. *Washington govern. print. office*, p. 442.
1897. KNOPFELMACHER. — Untersuchungen über das Fett in säuglingsalter. *Jahresb. f. Kinderheilkunde.* 1897. XLV, 177.

1909. KOLLMANN (M.). — Notes sur les réserves albuminoïdes des insectes et des annélides. *Bull. Soc. Zool. Fr.* XXXIV, p. 149.
1926. KOPP (E.). — Ueber das Maikäferöl. *Pharm. Monatshefte*. Wien. 7, N° 9, p. 175.
1900. KORSCHENNIKOV (G.). — Ueber den Fettkörper und die Enocten der Honigbiene. *Zool. Anz.* 23.
1909. KOTAKE (Y) et SERA. — Findet die Umwandlung von Fett in Glykogen bei den Seidenraupe während der Metamorphose statt? *Z. für Phys. Chem.*, p. 115.
1908. KUMAGAWA et SUTO. — Ein neuer verfahren zur quantitativen Bestimmung der Fettes und der unverseifbaren Substanzen im tierischen Material nebst der Kritik einiger gebräuchlichen Methoden. *B. Z.* VIII. 212-347.
1921. LAMBLING. — Précis de Biochimie. Paris. Masson.
1865. LANDOIS (L.). — Ueber die Funktion des Fettkörpers. *Zeitschr. für Wissenschaft. Zool.* Bd. 15, p. 371.
1844. LASSEIGNE. — Note sur l'existence d'une huile fixe dans le ver à soie. *Journ. Ch. Med.* 20, p. 471-472.
1911. LEA (E.). — Report on the intern. Herring-investigations during the year 1910. *Publ. du Conseil permanent internat. pour l'exploration de la mer.* N° 61.
1925. LEATHES (J. B.) and RAPER (H. S.). — The fats. London. Longmans Green and C°.
1863. LEYDIG (F.). — Einige Worte über den Fettkörper der Arthropoden. *Reichert's und Du Bois-Reymond's Arch. f. Anat.* p. 192.
1906. LEWKOWITSCH. — Technologie et analyse chimique des huiles, graisses et cires.
1912. LEYS. — Cires d'abeilles et de Carnauba. Méthode d'analyse, dosage des hydrocarbures étrangers. *Journ. Pharm. et Chimie*, VII, t. V, N° 12, p. 577.
1885. LIEBERMANN. — Ueber das Wachs und die Fette der Cochenille. *Ber. d. D. Ch. Gesell.* p. 1982-83.
1864. LINDEMANN (K.). — Zoologische Skizzen Struktur des Fettkörpers. *Bull. Soc. Imp. Natural. Moscou*, p. 521.
1898. LJUBARSKY. — Ueber die flüssigen Fettsäuren des Seehundsfettes. *Journ. prakt. Chemie.* 2^e série. T. LVII, p. 19.
1898. LUMMERT. — Beiträge zur Kenntniss der thierischen Fette *Pflügers Arch.* LXXI, p. 176.
1901. MAGNUS-LEVY. — Der Aufbau der hohen Fettsäuren aus Zucker. *Berl. Physiol. Gesell.* N° 5.
1925. MAGNUS-LEVY. — Die Fette im Stoffwechsel in : *Handbuch der Biochemie der Menschen und der Tiere*. VIII, p. 461.

1900. MAQUENNE. — Les Sucres et principaux dérivés. Paris. Naud.
1889. MARCHAL (P.). — L'acide urique et la fonction rénale chez les invertébrés. *Mem. Soc. Zool. Fr.* III.
1912. MAYER (A.) et SCHAEFFER (G.). — Dosage de la cholestérine par les méthodes de KUMAGAWA-SUTO et de WINDAUS combinées. *C. R. Soc. Biol.* LXXII, p. 362.
- 1913 a. MAYER (A.) et SCHAEFFER (G.). — Recherches sur la teneur des tissus en lipoïdes. *Journ. Physiol. et Path. gener.* XV. 510-524.
- 1913 b. MAYER (A.) et SCHAEFFER (G.). — La composition des tissus en acides gras et en Cholestérine et l'existence possible d'une constante lipocytiq. *C. R. Ac. Sc.* CLVI, p. 487.
1895. MAYET (V.). — Le Bombyx processionnaire du pin. *Progrès Agr. et vin.* Montpellier.
- 1908 a. MENOZZI (A.) et MORESCHI (A.). — Ricerche nel gruppo della colesterina. Bombicesterina. Un nuovo termine del gruppo della Colesterina nelle crisalide del baco da seta (*Bombyx mori*). *Rend. R. Acad. Lincei*, 17, p. 95.
- 1908 b. MENOZZI (A.) et MORESCHI (A.). — Presenza di due idrocarburi della Paraffina nella parte non saponificabile del grasso della Crisalidi. *Ibid.*, p. 98.
1849. MEYER (H.). — Ueber die Entwicklung des Fettkörpers der Tracheen und der Keimbreitenden Geschlechtsteile bei den Lepidopteren *Zetschr. f. wiss. Zool.* Bd. I, p. 175.
1903. MÜLLER. — Fühlings. Landw. Ztg. 52, p. 767 et 831.
1913. NORMANN. — Chemical revue, 20, p. 187.
1927. PARKER (H. L.) and THOMPSON (W. R.). — A contribution to the study of hibernation in the larva of the European Corn Borer (*Pyrausta nubilalis* Hübn.). *Ann. of. the Entomol. Soc. of. Amer.* XX, p. 10.
1902. PEREZ (Ch.). — Contribution à l'étude des Métamorphoses. *Bull. Sci. Fr. et Belg.* T. XXXVII, p. 195.
1906. PHILOPTSCHENKO (J.). — Anatomische Studien über *Collembola* (Fettkörper, Exuvialdrüsen, subhypodermale Zellen). *Zeitschr. für Wiss. Zool.* 85. p. 270.
1907. PHILOPTSCHENKO (J.). — Sur le tissu adipeux de la blatte noire (*Stylopyra orientalis*). *Rev. Russe. Entom.* p. 181.
1898. POSPJELOFF. — Les granulations éosinophiles et les cristalloïdes du tissu adipeux des insectes. *Annales de l'Institut agraire de Moscou.* T. IV. (En Russe).

1910. POYARKOFF (E.). — Recherches histologiques sur la métamorphose d'un Coléoptère (La Galéruque de l'orme). *Arch. Anat. microsc.* XII, p. 333.
1915. RABOW (S.). — Verwertung des Maikäfers für Fettgewinnung. *Chem. Zeit.* 40, 401.
1885. RAIMANN (E.). — Ueber das Fett der Cochenille. *Sitzungsberichte d. Wien. Akad.* 92, II, p. 1126.
1916. ROCCI (U.). — Contribution à la connaissance des graisses d'insectes. *Arch. Ital. de Biologie.* LXVI, p. 53.
1900. ROSENFELD (G.). — Centralblatt für innere Medizin. 21, 833.
1902. ROSENFELD (G.). — Die Herkunft des Fettes. *Jahresber. f. Tierchemie.* XXIX, 70, et XXX, 61.
1893. SCHALL (C.). — Undekan als Hauptbestandteil der flüchtigen Ameisenöls. *Berichte D. Ch. G.* 25, p. 1489.
1905. SEILLIÈRE (G.). — Sur une diastase hydrolysant la xylane dans le tube digestif de certaines larves de Coléoptères. *C. R. Soc. Biol.*, p. 940.
1905. SÉMICHON (L.). — La formation des réserves dans le corps adipeux des mellifères solitaires. *Bull. Mus. Nat. Paris.* T. X, p. 555.
1906. SÉMICHON (L.). — Recherches morphologiques et biologiques sur quelques mellifères solitaires. *Bull. Biol. Fr. et Belg.* T. XV.
1909. SLOWTZOFF (B.). — Beiträge zur vergleichende Physiologie der Hungerstoffwechsels. Der Hungerstoffwechsel der Mistkäfer (*Geotrupes stercorarius*). *B. Z.* XIX, III, 504-508.
1911. STAUSS (J.). — Die chemische Zusammensetzung der Arbeitsbienen und Drohnen während ihrer verschiedenen Entwicklungsstadien. *Zeit. für Biol.* LVI, 347.
1911. SUND (O.). — Underkelser over Brislingen, Norske Farvand. *Aarberet. vedk. Norg. Fisk.* Bergen, p. 357-473.
1871. TARGIONI-TOZZETTI (A.). — Note anatomiche intorno agli insetti. Sulla disposizione e sulla struttura del tessuto adiposo in alcune larve. *Bull. Soc. Ent. Ital.* Vol. 3, p. 386. Firenze.
1929. TEISSIER (G.). — Dysharmonies biochimiques dans la croissance larvaire de *Tenebrio molitor* L. *C. R. Soc. Biol.* T. C, p. 1172.
1900. TERRE (L.). — Contribution à l'étude de l'histolyse du corps adipeux chez l'abeille. *C. R. Soc. Biol.* T. LII, p. 160.
1920. TERROINE (E. F.). — Contribution à la connaissance de la Physiologie des substances grasses et lipoïdiques. *Ann. Sc. Nat. Zool.* 2^e Série. T. IV.

1927. TERROINE (E. F.) et BONNET (R.). — L'énergie de croissance. X. Formation des matières grasses aux dépens des glucides chez les microorganismes. *Bull. Soc. Ch. Biol.* N° 5, p. 588.
1927. TERROINE (E. F.), BONNET (R.), KOPP (G.) et VÉCHOT (J.). — Sur la signification physiologique des liaisons éthyléniques des acides gras. *Bull. Soc. Ch. Biol.*, p. 604.
1923. TERROINE (E. F.) et LOBSTEIN (J. E.). — La formation des substances grasses et lipoidiques. *Bull. Soc. Ch. Biol.*, p. 182.
1905. THIEMICH (M.). — Ueber die Herkunft der fötalen Fettes. *Jahresb. f. Kinderheilk.* LX, 174.
1913. THOMS (H.). — Ueber ein Schmetterlingsfett. *Arb. aus. d. Pharm. Inst. d. Univ. Berlin*, p. 180.
1885. TICHOMIROFF. — Bestimmung des Fettes in den Eiern von Seidenspinnen. *Z. für Ph. Chem.* 9, 525.
- 1927 a. TIMON-DAVID (J.). — Sur quelques huiles d'insectes. *C. R. Soc. Biol.* XCVII, p. 164.
- 1927 b. TIMON-DAVID (J.). — Sur l'élaboration synthétique des corps gras chez les larves xylophages. *C. R. Soc. Biol.* XCVII, p. 586.
- 1928 a. TIMON-DAVID (J.). — Contribution à la connaissance des graisses d'insectes : le beurre de pucerons du Térébinthe. *C. R. Ac. Sc.* 186, p. 104.
- 1928 b. TIMON-DAVID (J.). — Contribution à l'étude de la constitution chimique et du métabolisme des corps gras chez les insectes. *Bull. Soc. Ch. Biol.* X, N° 6.
- 1928 c. TIMON-DAVID (J.). — Sur les variations des graisses de réserve pendant l'évolution de la Pyrale du Maïs (*Pyrausta nubilalis* Hübn.). *C. R. S. Biol.* XCIX, p. 1799.
- 1929 a. TIMON-DAVID (J.). — Action du brome sur les huiles d'insectes. *C. R. Ac. Sc.* 188, p. 1122.
- 1929 b. TIMON-DAVID (J.). — Contribution à l'étude des acides non-saturés des huiles et graisses d'insectes. *Bull. Soc. Ch. Fr.* 4^e série, T. XLV, p. 585.
1908. TSUJIMOTO (M.). — Chrysalis oil : composition. *Journ. Coll. Engineering. Imp. University, Tokyo*, 455.
1929. TSUJIMOTO (M.). — Untersuchungen von Insektenölen. I. Leuchtkafer, Heuschrecken und Grillenöl. *Journ. Soc. Chem. Ind. Jap. Suppl.* 1929, Résumé dans *Chem. Umsch. F. und Ole*, Heft 13, p. 209.
1920. ÜBBELHODE. — Chemie, Analyse und Technologie der Ole und Fette. Leipzig.
1902. VAN EY. — Contribution à l'étude des larves et des métamorphoses des Diptères. *Ann. Univers. Lyon. Nouv. sér.*, fasc. 9.

1905. VANEY et MAIGNON. — Influence du sexe sur la nutrition du *Bombyx mori* dans la dernière phase de son développement. Localisation du glycogène, de la graisse et des protéines solubles pendant le stade pupaire. *C. R. Ac. Sc.* 140-1280.
1905. VANEY et MAIGNON. — La destinée du glucose, du glycogène, de la graisse et des protéines solubles pendant le développement du ver à soie. *C. R. Ac. Sc.* 140, p. 1192.
1923. VAN GAVER (F.). — Contribution zoologique à l'étude des huiles d'animaux marins. Thèse. Marseille.
1906. WEINLAND. — Ueber die Stoffumsetzungen während der Metamorphose der Fleischfliege (*Calliphora vomitoria*). *Zeit. für Biol.* LVII, p. 186.
1883. WIELOWIEJSKI. — Ueber die Fettkörper von *Corethra plumicornis* und seine Entwicklung. *Zool. Anzeig.* Bd 11.
1910. WINDAUS (A.). — Ueber die quantitative Bestimmung des Cholesterins und des Cholesterinester in einigen Normalen und Pathologischen Nieren. *Zeitschr. für Phys. Chem.* LXV, p. 110.
1851. WITTSTEIN. — Maikäferöl. *Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie.* 5, p. 66. Braunschweig.

PLANCHE I

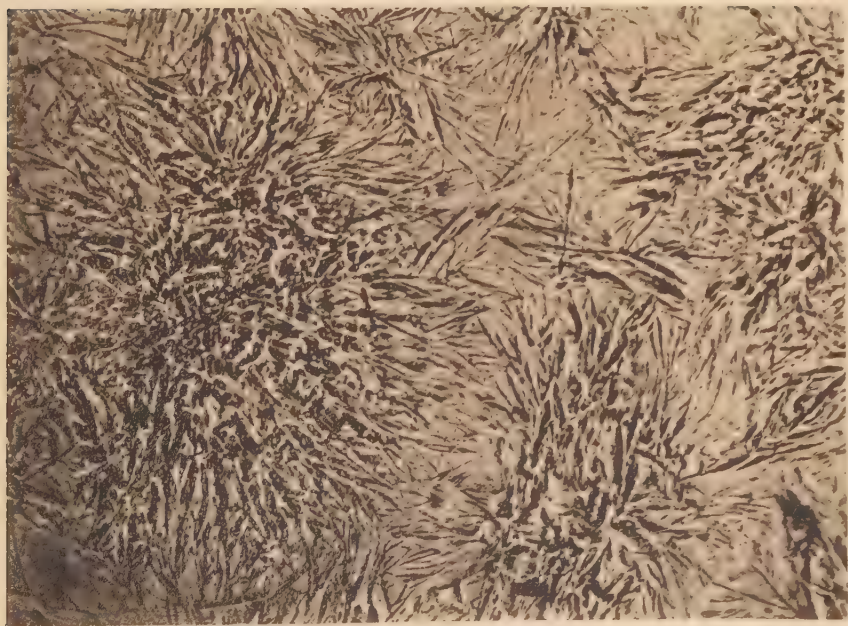
1. Acides gras insolubles de *Cossus ligniperda* F. Cristallisation par refroidissement.

2. Acides gras insolubles de *Thaumetopœa pityocampa* Sch. Cristallisation par refroidissement.

PLANCHE I



1



2

PLANCHE II

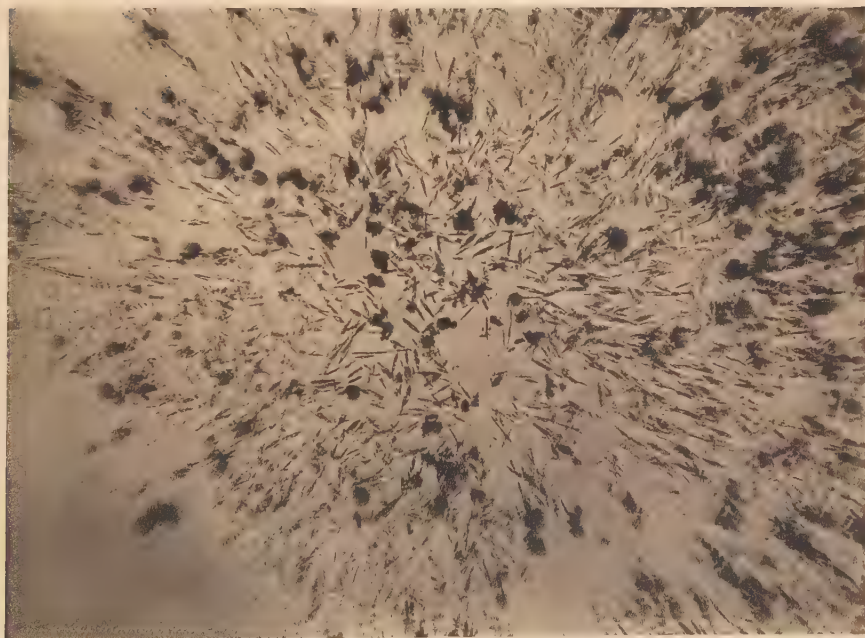
1. Graisse d'*Aphis rumicis* F. Cristallisation dans l'éther.

2. Acide hexabromostéarique $C^{18} H^{20} O^2 Br^6$ obtenu en bromant les acides liquides de la larve de *Colaspidema atra* Ol. Cristallisation dans le benzène.

PLANCHE II



1



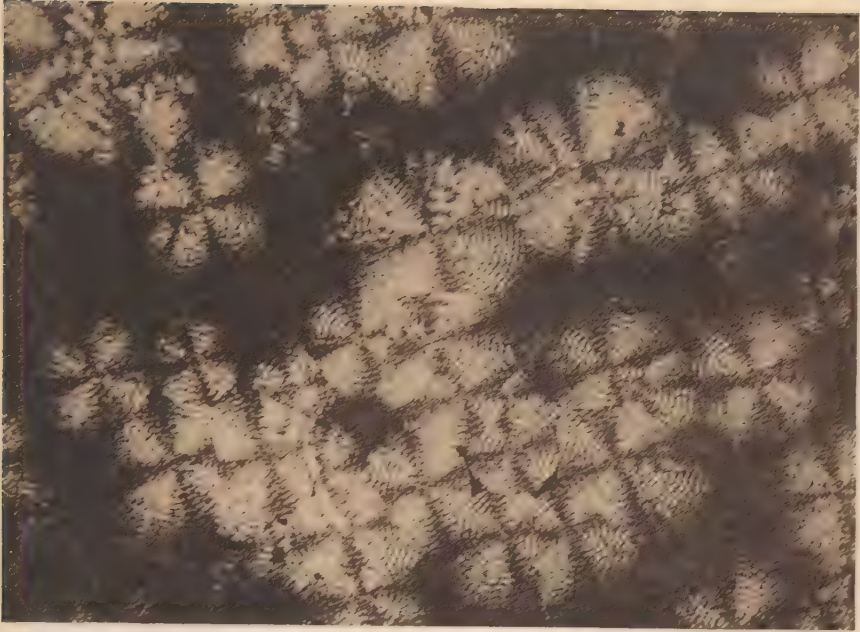
2

PLANCHE III

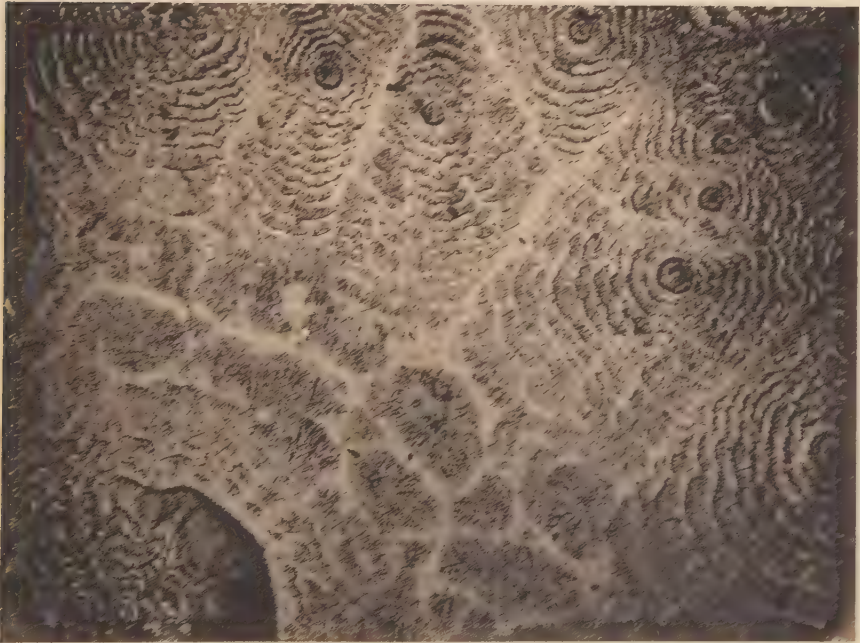
1. Graisse de *Pemphigus utricularius* Pass. en lumière polarisée.

2. Graisse de *Pemphigus utricularius* Pass. Cristallisation dans l'éther.

PLANCHE III



2



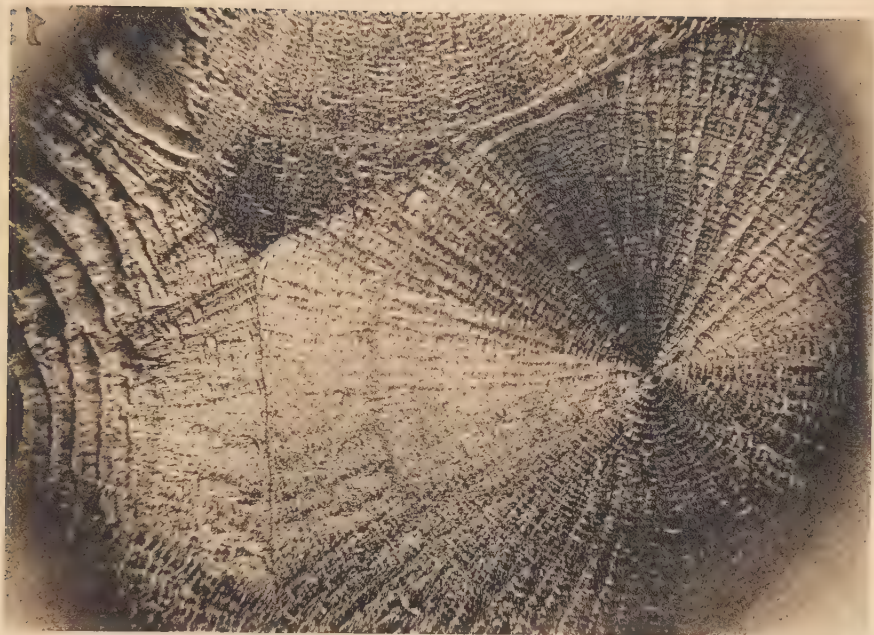
2

PLANCHE IV

1. Graisse d'*Aphis rosae* L. extraite à l'éther de pétrole, recristallisée dans l'éther.

2. Graisse d'*Aphis sambuci* L. extraite à l'éther de pétrole, recristallisée dans l'éther.

PLANCHE IV



1



2

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	5

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I. — Historique général.....	11
» II. — Propriétés, caractères et composition des graisses d'insectes.....	15
» III. — L'origine des graisses chez les insectes..	22
» IV. — La destinée et l'utilisation des graisses chez les insectes.....	33
» V. — Graisses de réserve et graisses proto- plasmiques	39
» VI. — Aperçu sur l'Histologie du corps adi- peux des insectes.....	45

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE I. — Les Techniques utilisées.....	56
» II. — Huiles et graisses de Coléoptères.....	66
» III. — Huiles et graisses de Lépidoptères....	90
» IV. — Graisses d'Hémiptères.....	118
» V. — Huiles d'Orthoptères et de Pseudoné- vroptères	130
» VI. — Huiles et graisses de Diptères et d'Hy- ménoptères	137

TROISIEME PARTIE

	Pages
CHAPITRE I. — Classification et affinités des graisses d'insectes	145
» II. — Teneur en graisses des insectes.....	149
» III. — Teneur en acides non-saturés.....	153
» IV. — Teneur en insaponifiable.....	155
» V. — Influence de la température sur la cons- titution des graisses de réserve.....	157
» VI. — Corps gras et hibernation.....	161
» VII. — Corps gras et nymphose.....	162
» VIII. — Influence de l'alimentation.....	165
» IX. — Influence du sexe.....	168
» X. — Corps gras et Systématique.....	171
CONCLUSION	174
BIBLIOGRAPHIE	175



DEUXIÈME THÈSE :

Propositions données par la Faculté

GÉOLOGIE : La série fluvio-lacustre du Crétacé
supérieur provençal

BOTANIQUE : La flore Alpine

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 18 décembre 1929

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
Ch. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLETY.

IMPRIMERIE LOUIS JEAN, S.A.
PÉRIODIQUES-PUBLICATIONS

